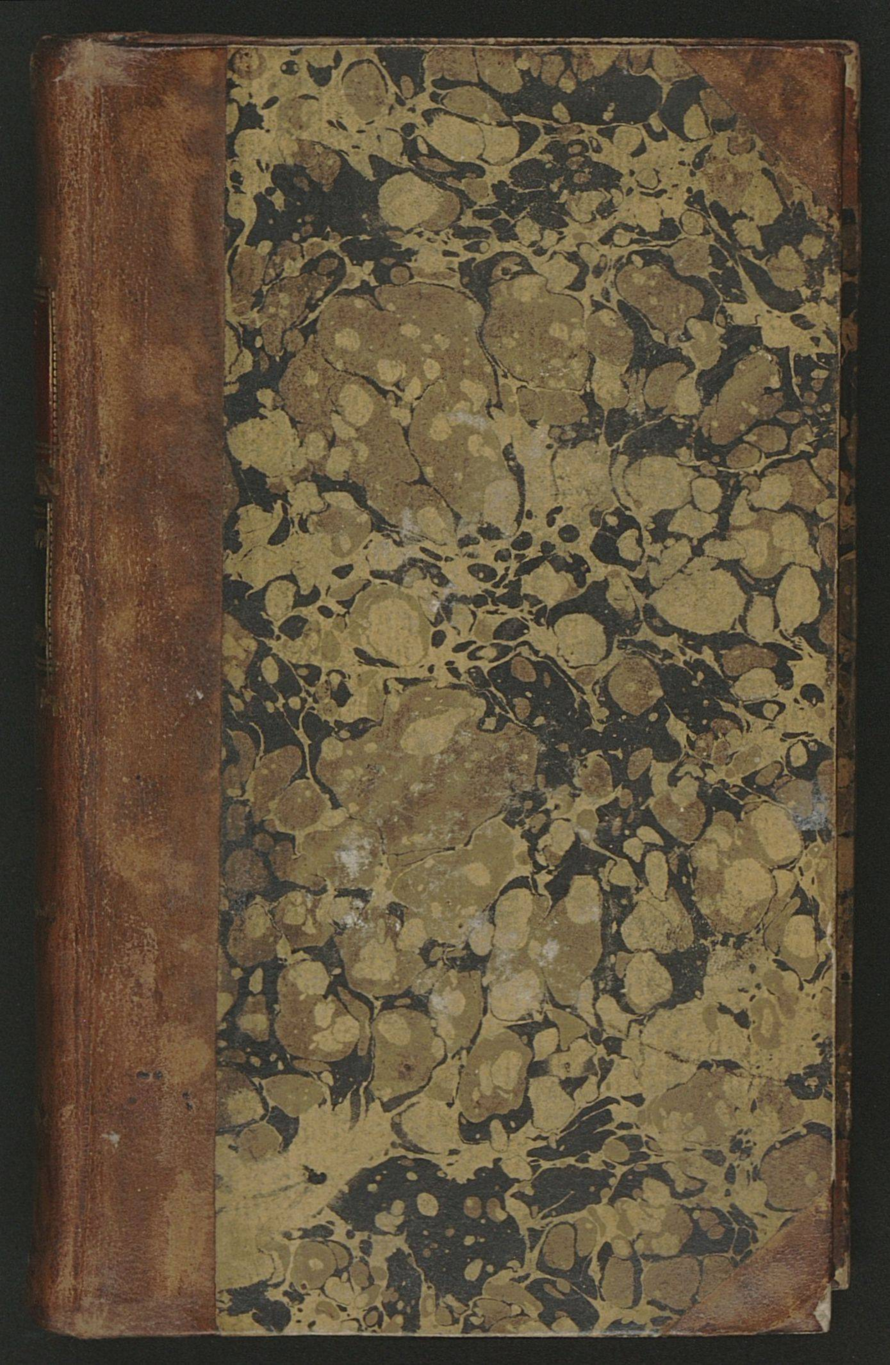


J. Bourgeu

LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE;

Par M. l'Abbé NOLLET, *de l'Académie Royale des Sciences, de la Société Royale de Londres, de l'Institut de Bologne, &c. Maître de Physique & d'Histoire Naturelle des Enfants de France, & Professeur Royal de Physique Expérimentale au College de Navarre.*

TOME QUATRIEME.

Quatrieme Edition.



A PARIS,
Chez Hippolyte-Louis Guerin, & Louis-François Delatour, rue S. Jacques, à S. Thomas d'Aquin.

M. DCC. LXV. [1765]
Avec Approbation & Privilege du Roi.

AVIS AU RELIEUR.

Les planches doivent être placées de maniére qu'en s'ouvrant, elles puissent sortir entiérement du Livre, & se voir à droite dans l'ordre qui suit.

Tome Quatrieme.

	Pages.	Planches.
XII. Leçon.	76	1.
	100	2.
XIII. Leçon.	226	1.
	266	2.
	318	3.
	324	4.
XIV. Leçon.	356	1.
	370	2.
	408	3.
	436	4.
	474	5.
	496	6.
	498	7.
	528	8.

EXTRAIT DES REGISTRES
de l'Académie Royale des Sciences.

Du 9. Août 1748.

M. DE REAUMUR & moi, qui avons été nommés pour examiner *le quatrieme Volume des Leçons de Physique Expérimentale* de M. l'Abbé Nollet, en ayant fait notre rapport, l'Académie a jugé cet Ouvrage digne de l'impression : en foi de quoi j'ai signé le présent Certificat. A Paris, ce 9 Août 1748.

GRANDJEAN DE FOUCHY,
Secretaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences.

LEÇONS



LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.

XII. LEÇON.

De la nature & des Propriétés de l'Eau.

IL seroit difficile de décider, si l'eau nous est moins nécessaire ou moins utile que l'air. Car quoique nous respirions continuellement celui-ci, & que la conservation de notre vie dépende de la salubrité de cet élément, on peut croire que s'il étoit réduit à ses parties propres, & qu'il manquât d'une certaine humidité qui l'accom- XII. LEÇON.

XII. LEÇON.

pagne toujours, nous souffririons beaucoup de cette sécheresse : l'air sans eau conviendroit peut-être aussi peu à notre respiration, que l'eau sans air à celle des poissons. L'eau est un agent universel que la nature employe dans toutes ses productions, & qui entre si souvent & de tant de manieres, dans les commodités de notre vie, que son interdiction étoit chez les Romains un supplice, dont on punissoit les mauvais citoyens. C'est la boisson naturelle de tous les animaux ; si nous nous en préparons d'autres, ou celle-ci en fait la partie principale, ou elle y entre pour les tempérer ; & quoiqu'on puisse vivre fort long-temps & sainement, en usant avec modération des liqueurs spiritueuses & fermentées, l'expérience fait voir que les buveurs d'eau jouissent communément d'une santé plus égale, & qu'ils sont au moins aussi robustes que les autres hommes.

Je ne me propose point d'exposer ici en détail tous les avantages que l'eau nous procure, & les différentes vûes que peut avoir eues la sagesse divine en créant cet élément. Ces ob-

jets ont été remplis par des Auteurs * dont les ouvrages sont célebres, & qu'on peut aisément se procurer ; mon dessein est d'examiner en Physicien seulement, les principaux caractéres de l'eau, les sources d'où elle nous vient, les différens états qu'elle peut prendre, & les effets les plus généraux dont elle est capable.

XII. LEÇON.

* *Nieuwentyt, exist. de Dieu, démontrée par les merv. de la nat. II. part. chap. 4. Théolog. de l'eau, par M. Fabricius. Traité des vertus médicin. de l'eau comm. par Monf. Smith. &c.*

On peut considérer l'eau sous trois états, 1ment. comme *liqueur* ; 2ment. comme *vapeur* ; 3ment. comme *glace* : ce sont trois manieres d'être, qui ne changent rien à son essence, mais qui la rendent propre à différens effets, & qui me donnent lieu de partager cette Leçon en trois Sections.

PREMIERE SECTION.

De l'Eau considérée dans l'état de Liqueur.

A Parler exactement, l'état naturel de l'eau, celui qu'elle auroit, si rien ne se mêloit à sa matiére propre, seroit d'être un corps solide, comme l'ont fort bien remarqué MM.

XII. LEÇON.

Mariotte, de Mairan, & Boerhaave. Oui, l'eau, comme la graiſſe, la cire, & toutes les autres matiéres que nous ne voyons couler, que quand on les chauffe à un certain degré, ſeroit continuellement glace, ſi la matiére du feu qui la pénétre, pour l'ordinaire en ſuffiſante quantité dans les climats tempérés, n'entretenoit la mobilité reſpective de ſes parties, pour la rende fluide; & dans un pays où il fait continuellement aſſez froid pour faire durer ſa congélation, il faut employer le ſecours de l'art, pour la faire couler, comme nous l'employons ici pour fondre le plomb, le ſouffre, les réſines, &c. Mais ſi l'état de ſolidité ſemble le plus naturel à l'eau, ce n'eſt pas celui qu'elle a le plus communément, au moins dans la plûpart des climats habités; & par cette raiſon, je commence par la conſidérer comme liqueur, avant que d'expoſer les propriétés qu'elle a lorſqu'elle eſt glacée.

L'EAU qui n'eſt point glacée, eſt une liqueur inſipide, tranſparente, ſans couleur, ſans odeur, qui s'attache aiſément à la ſurface de certains

corps, qui en pénétre un grand nombre, & qui éteint les matiéres enflammées. Si elle paroît quelquefois opaque, colorée, odorante, ou qu'elle ait un goût remarquable, c'est qu'alors elle est mêlée avec une matiére étrangére, qui lui donne une qualité qu'elle n'a point d'elle-même.

XII. Leçon.

La fluidité de l'eau, comme celle des autres liquides, vient de la matiére du feu qui la pénétre, & qui met ses parties en état de rouler les unes sur les autres, & d'obéir au penchant de leur propre poids, ou à toute autre impulsion: mais indépendamment de cette cause générale, on peut dire que l'eau est plus fluide que bien d'autres matiéres, parce que ses molécules sont d'une extrême petitesse, & d'une figure apparemment très-propre au mouvement: je n'ai garde de décider si ce sont des petits fuseaux, des petits cylindres, ou des globules, parce que je ne connois aucune observation, ni aucune expérience, qui puisse garantir cette décision; mais une analogie assez générale me conduit à croire que leur figure, telle qu'elle puisse être, contribue à leur mobilité;

XII. LEÇON.

une meſure de menus grains, ou de ſable bien ſec, qu'on fait couler par une trémie, peut être regardée en quelque façon comme un fluide : en pareil cas le blé coule mieux que l'avoine, parce qu'il a une figure plus propre au mouvement ; le ſablon a plus de fluidité que le blé ou le ſeigle ; parce que ſes parties plus menues ſont auſſi plus mobiles.

* Elem. Chem. part. II. p. 295.

* Traité d'Op. queſt. 28.

Boerhaave prétend * que la fluidité de l'eau n'eſt point ſuſceptible de plus & de moins ; qu'elle eſt également liquide, ſoit au moment qu'elle ceſſe d'être glace, ſoit qu'elle commence à bouillir ; & il appuie ſon ſentiment ſur une expérience de M. Newton *, qui trouva les oſcillations d'un pendule auſſi libre dans l'eau la plus froide, qu'elles avoient paru l'être dans l'eau la plus chaude. Soit dit ſans bleſſer le reſpect que je dois à ces grands hommes, je ne ſçais ſi cette preuve ne ſeroit pas un peu ſujette à réviſion. La maſſe qui faiſoit ces oſcillations, de quelque matiére qu'elle fût, a dû ſe dilater & devenir plus grande dans l'eau chaude que dans la froide : or plus un corps eſt grand,

plus il éprouve de résistance dans un milieu : ainsi l'eau chaude, à la vérité, plus fluide, auroit dû rendre le mouvement plus libre ; mais le mobile dilaté par la chaleur répondoit à un plus grand volume du milieu résistant ; cette derniére cause a pû compenser l'autre, & empêcher qu'on n'apperçût plus de fluidité dans l'eau chaude, quoiqu'elle y fût réellement.

XII. LEÇON.

Il est vrai que Boerhaave se retranche à dire, qu'il n'entend parler que d'une fluidité sensiblement égale & constante, & qu'il peut y avoir un plus ou un moins que nous n'appercevons pas ; mais ce plus ou moins, dont il convient, il l'attribue tout entier à la désunion des molécules, par la matiére du feu qui se glisse entr'elles, mais nullement à la division des parties de ces mêmes petites masses ; car il les regarde comme des élémens qui peuvent être séparés les uns des autres, mais non pas entamés. Cependant toutes les autres matiéres que nous voyons passer d'un état à l'autre, & qui nous laissent le tems d'observer leurs changemens, ne s'amollissent que par degrés, & prennent successi-

XII. LEÇON.

vement différentes nuances de fluidité ; les molécules se divisent & se subdivisent à mesure que le feu pénétre dans la masse, & la liquidité augmente de plus en plus, jusqu'à ce que les parties extrêmement subtilisées, se dissipent par évaporation. Je ne dis pas que l'eau ne puisse être exceptée de cette regle générale ; mais je voudrois que cette exception fût connue par des faits, & appuyée sur de bonnes preuves.

Je ne vois rien dans la nature qui favorise cette opinion ; je trouve au contraire des phénoménes familiers, & en grand nombre, qui semblent la détruire. Pourquoi l'eau froide ne pénétre-t-elle pas dans les corps aussi facilement que celle qui est chaude ? pourquoi celle-ci enleve-t-elle plus promptement de leur surface les matiéres qui y sont adhérentes ? pourquoi la solution des sels dans l'eau est-elle plus abondante & plus complette, à mesure que le dégré de chaleur est plus grand ? enfin pourquoi fait-on cuire les viandes & les fruits dans l'eau bouillante, & non pas dans l'eau froide ? On peut me répondre que

toutes ces matiéres dilatées par la chaleur, en deviennent plus pénétrables, plus faciles à entamer, & que l'eau elle-même animée par la chaleur, en est plus active, & je conviens de ces raisons; mais n'est-il pas plus que vraisemblable aussi, que la même chaleur subdivise les molécules de l'eau, & les rend plus propres à s'insinuer dans les matiéres dissolubles?

L'EAU nous vient, ou de l'atmosphére par les pluies, les neiges, & autres météores aqueux; ou du sein de la terre, par les sources & les fontaines; ou enfin par des canaux & des réservoirs qui se trouvent à la surface de notre globe, comme des riviéres, des lacs & des mers.

Nous avons vû dans la leçon précédente comment l'eau s'éleve en vapeurs, & s'amasse dans l'air au-dessus de nous, pour tomber ensuite sous différentes formes. Moyse, en nous traçant l'histoire de la Création, nous apprend que dès le commencement l'Auteur de ce vaste univers sépara de la terre habitable ce grand amas d'eau qu'on appelle la *Mer*, & qu'il en fixa les limites. Nous voyons naître les ri-

XII. LEÇON. viéres & les fleuves d'une, & le plus souvent, de plusieurs sources qui réunissent leurs eaux, pour couler dans un même lit. Mais d'où viennent ces sources perpétuelles, qui forment & qui grossissent les eaux courantes, & que nous rencontrons dans presque tous les endroits où nous creusons la terre? quelle cause secrette les fait naître, & les entretient? C'est une question sur laquelle les Physiciens ne sont point d'accord, & qui fait depuis long tems l'objet de leurs recherches.

La premiére observation qui se présente, quand on raisonne sur l'origine des fontaines, c'est que leurs eaux vont toutes se rendre à la mer, comme à un réservoir commun: or depuis tant de siécles que ces écoulemens se rassembleut ainsi, l'Océan & les autres mers auroient sans doute regorgé de toutes parts, & inondé toute la terre, si les riviéres qui vont s'y décharger, y portoient des eaux étrangéres qui ajoutassent continuellement à leur immense volume: il faut donc que ce soit la mer même qui fournisse aux sources cette abondance d'eau qui lui rentre; & que par une espéce de

circulation, celles-ci puiſſent couler perpétuellement, ſans trop remplir le vaſte baſſin qui les reçoit.

Ce raiſonnement qu'on eſt comme forcé de faire dès qu'on entame cette matiére, eſt un point fixe où ſe réuniſſent toutes les opinions; mais comment l'eau va-t-elle de la mer aux fontaines? voilà ce qui les partage.

De quelque maniére que l'eau ſoit amenée à la ſource d'où nous la voyons ſortir, il faut qu'elle puiſſe, ſoit en partant, ſoit en chemin, ſe dépouiller de la ſalûre, de l'amertume & de la viſcoſité qu'on ſçait qu'elle a naturellement: car l'eau des fontaines eſt douce; & ſi elle paroît quelquefois chargée de matiéres étrangéres, ce n'eſt point ordinairement de celles qui ſe trouvent dans l'eau de la mer. Il ne ſuffit donc pas de faire un ſyſtême hydroſtatique par lequel on faſſe voir, comment l'eau de l'Océan peut être déterminée à ſe porter fort avant dans le continent, pour y former une ſource: il faut encore que par le même ſyſtême on puiſſe apprendre comment cette eau ſe dépouille de ſon ſel, de ſon bitu-

me, s'il eſt vrai qu'elle en ait, &c.

XII. LEÇON.

Selon la penſée de Deſcartes *, l'eau de la mer, par des canaux ſouterreins & ſuffiſamment inclinés, ſe rend ſous les montagnes dans de grandes cavités que la nature y a pratiquées; elle y eſt échauffée par un degré de chaleur qu'il ſuppoſe encore au-deſſous de ces grandes chaudiéres, & elle s'éleve en vapeurs dans le corps même de la montagne comme dans le chapiteau d'un alambic; d'où retombant enſuite par ſon propre poids, lorſqu'elle vient à ſe condenſer, elle ſe filtre à travers des terres juſqu'à ce qu'elle rencontre une iſſue.

* Princip. de la Phil. 4. part. §. 64.

Si tout alloit ainſi, il faut convenir que l'eau pourroit venir de la mer, & ſortir douce au milieu du continent: mais pour rendre raiſon de ces deux effets, que de ſuppoſitions ſans preuves! J'aime aſſez que l'art copie la nature; mais j'ai mauvaiſe opinion d'un ſyſtême où la nature imite l'art; & pour dire ce que j'en penſe, il ſemble que celui-ci ait été fait dans le laboratoire d'un Diſtilateur. Quand bien même on admettroit ces grands alambics qu'on ſuppoſe gratuitement;

que feroit-on du ſel & des autres matiéres dont l'eau de la mer ſe dépouille en s'évaporant ? depuis le tems que cette diſtillation dure, comment ces grandes chaudiéres ne ſeroient-elles pas encore comblées ?

C'eſt apparemment pour lever cette difficulté qu'un Auteur moderne * a imaginé que l'eau ſalée, après avoir été évaporée pendant quelque tems ſous les montagnes, ſe trouvant alors plus chargée de ſel & plus peſante qu'auparavant, reflue par ſon poids vers la mer, & que ſe renouvellant ainſi elle n'eſt ſujette à aucun dépôt. Mais ſoit que cette penſée ſoit ingénieuſe, & que les gouffres *abſorbans* & *vomiſſans* qu'on obſerve en quelques endroits de la mer, lui donnent une ſorte de probabilité ; on peut dire cependant qu'elle auroit peine à ſe concilier exactement avec les loix de l'hydroſtatique, reſtreintes par les frottemens & autres obſtacles, & qu'elle charge encore de nouvelles ſuppoſitions le ſyſtême Cartéſien, qui peche déja par défaut de ſimplicité.

* *M. Kuhn, médit. ſur l'orig. des font. pag.* 239.

Une autre hypothéſe, qui ne me paroît pas meilleure que celle-ci, &

XII. LEÇON.

qui a pourtant ses défenseurs, c'est de dire, que les eaux de la mer se distribuent à toutes les parties du globe, par une infinité de canaux souterreins, à peu près comme le sang qui part du cœur, s'étend par les artéres jusqu'aux extrêmités du corps animé; qu'en passant à travers du sable & des terres, elles y déposent leur sel, leur bitume, &c. & qu'étant devenues douces, elles sortent par les passages qu'on leur ouvre, ou que la nature leur a préparés.

Mais par quelle puissance toutes ces veines d'eau s'élevent-elles au-dessus du niveau de la mer, pour se mettre en état d'y retourner par leur pésanteur? pourquoi ne les voit-on jamais sortir de la terre avant que d'être parfaitement douces, si cette douceur ne s'acquiert que par un long trajet? & depuis six mille ans que dure cette filtration, comment la mer n'a-t-elle point perdu une grande partie de son sel? & comment ce même sel n'a-t-il point engorgé tous ces aqueducs souterreins? La vérité est que cette prétendue filtration est une chimére; l'expérience a fait voir qu'on

XII. LEÇON.

ne dessale point suffisamment l'eau de la mer, en la faisant passer à travers des sables, & des terres de quelque espéce qu'elles soient; & d'habiles Observateurs * ont remarqué que les eaux souterreines, par-tout où on les rencontre, ont un écoulement déterminé vers la mer, ce qui prouve avec évidence qu'elles n'en viennent point immédiatement. En vain citeroit-on les puits d'eau douce qu'on trouve dans les petites isles & au voisinage des côtes: ces puits tarissent dans les tems de sécheresse; c'est donc l'eau des pluies, & non pas celle de la mer, qui les entretient.

* *Vallisneri dell' origine delle font.*

Les pluies, les neiges, les brouillards, & généralement toutes les vapeurs qui s'élevent, tant de la mer que des continens & des isles, sont, selon toute vraisemblance, les principales causes qui font naître, & qui entretiennent les fontaines, les puits, les riviéres, & en général toutes les eaux courantes, & qui se renouvellent continuellement. En embrassant cette opinion, qui est la plus suivie, on n'est point en peine de sçavoir pourquoi les eaux qui nous viennent

XII. LEÇON.

du sein de la terre sont douces, quoique pour la plus grande partie elles viennent originairement de la mer; car on sçait par expérience que l'eau, en s'élevant en vapeurs, comme celles qui forment les nuages, abandonne les sels dont elle est chargée, & toutes les matiéres pésantes qui ne peuvent pas se volatiliser comme elle: on comprend aussi fort aisément pourquoi les sources qui sont les plus prochaines de la mer sont aussi douces que celles qui en sont les plus éloignées, parce qu'elles doivent toutes leur origine aux eaux qui viennent de l'atmosphére, & qu'il n'y en monte aucune qui ne soit dépouillée de son sel: enfin l'on explique sans difficulté pourquoi les sources se trouvent plus communément qu'ailleurs au pied des montagnes; car ces grandes masses qui s'élevent beaucoup dans l'atmosphére, arrêtent les nuages, présentent plus de surface aux pluies & aux brouillards, & se couvrent le plus souvent de neiges, qui se fondent peu à peu, & qui produisent des écoulemens perpétuels, dont la plûpart demeurent cachés, dans les rochers,

ou

ou dans la terre, & ne se montrent qu'aux endroits les plus bas, ou fort avant dans les plaines.

Ce que l'on objecte de plus spécieux contre ce systême, c'est qu'il y a peu d'apparence, dit-on, que ces immenses volumes d'eau que les riviéres & les fleuves font passer continuellement sous nos yeux, & qui se succédent avec tant de rapidité, puissent être le produit d'une mince vapeur, qu'on apperçoit à peine, & qui ne tombe en pluie, en neige, &c. que par intervalles. Mais d'habiles Physiciens * ont fait évanouir cette difficulté en comparant la quantité d'eau de pluie qui tombe à Paris, & aux environs, pendant le cours d'une année moyenne, avec celle de la Seine qui passe en pareil tems sous le Pont-royal: il résulte de leurs expériences & de leurs calculs, dont je me dispense de rapporter ici le détail, parce qu'il est très-bien exposé dans un ouvrage moderne * qui est entre les mains de tout le monde; il résulte, dis-je, que dans chaque année, il tombe beaucoup plus d'eau qu'il n'en faut pour entretenir les riviéres,

* *M. Mariotte, traité du mouv. des eaux, 1. part. 2. discours.* M. Halley, *&c.*

* *Spect. de la nat. tom. 3. pag. 99. & suiv.*

XII. LEÇON.

& pour remplir les étangs; de sorte que ces sçavans Observateurs, en répondant à une difficulté, en font naître une autre : car les riviéres ne reportant point à la mer toute l'eau qui tombe sur la terre, on demande ce que devient le reste, & pourquoi la mer ne tarit point à la longue.

On peut répondre à cette nouvelle objection, qu'une partie de l'eau qui tombe sur la terre, & qui n'entre point dans le lit des riviéres, s'insinue par les crévasses que la sécheresse occasionne, ou par mille autres pertuis que les insectes & les autres animaux ont creusés, & qu'elle forme ces couches d'eau souterreines qu'on observe en bien des endroits, & qui s'écoulent lentement vers la mer; qu'une autre partie sert de boisson aux animaux, & de nourriture aux plantes qui en absorbent beaucoup par leurs branches & par leurs feuilles, comme on le peut voir par les expériences de M. de la Hire * & par celles de M. Hales **; & qu'enfin une autre partie tourne en vapeurs, & s'éléve de nouveau dans l'atmosphére. Ainsi la pluie qui tombe sur la mer

* *Mémoires de l'Acad. des Scienc.* 1703. pag. 60.

** *Statiq. des végét.* Chap. 1.

comme ailleurs, les riviéres & les écoulemens souterreins ne rendent au grand réservoir que ce qu'il en sort à peu près ; & ce qui n'y va point, remplace apparemment ce qui s'évapore continuellement de la terre & des eaux dormantes ; car les vapeurs qui s'élévent dans l'atmosphére, & qui font les nuages, ne viennent pas seulement de la mer, mais aussi des continens & des isles. XII. LEÇON.

DE quelque maniére que nous vienne l'eau, elle n'est jamais parfaitement pure : sans parler de l'air & du feu qu'elle contient toujours en assez grande quantité, puisqu'elle n'est fluide que par le mélange de ce dernier élément, & qu'elle se dépouille visiblement & abondamment de l'autre, lorsqu'on la met dans le vuide ; sans parler, dis-je, de ces deux matiéres qui se trouvent par-tout, l'eau ne va guéres sans quelques substances étrangéres qui se mêlent à ses parties propres, & qui lui donnent souvent des qualités qui se font remarquer par leurs effets. On connoît aisément que l'eau n'est point pure, lorsqu'elle n'a plus sa limpidité naturelle, ou bien

XII. LEÇON.

lorſqu'on lui trouve de l'odeur ou du goût; mais il peut arriver auſſi, (& c'eſt un cas aſſez commun,) que ce qu'elle contient d'étranger ne change rien à ſes qualités ſenſibles; c'eſt-à-dire, qu'elle n'en paroiſſe ni moins claire, ni moins inſipide, &c. & alors il faut emprunter le ſecours de l'art, pour s'aſſurer ſi elle eſt auſſi pure qu'elle paroît l'être.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

Preparation.

Il faut avoir de l'eau de pluie diſtillée dans pluſieurs vaiſſeaux; mettre fondre dans l'un du ſel marin, dans l'autre du vitriol de Mars, dans un autre de l'alun, & de tout en ſi petite quantité, qu'en goûtant l'eau, on ne puiſſe pas diſtinguer de quelle matiére elle eſt chargée; on doit filtrer toutes ces eaux ſéparément à travers d'un ou de pluſieurs papiers gris, & en mettre dans des verres à boire bien nets environ 2 cuillerées de chacune; on peut auſſi en avoir quelques-uns qui contiennent de l'eau de puits bien claire.

Effets.

Si l'on éprouve toutes ces eaux, 1°. en y mêlant quelques gouttes de dissolution d'argent par l'esprit de nitre, il arrive presque toujours qu'elles se troublent & qu'elles prennent quelque couleur.

2°. Si l'on y jette un peu d'infusion de noix de Galles, celle qui contient du vitriol de Mars devient d'un roux obscur, & tirant sur le violet.

3°. Si l'on y met un peu d'huile de tartre par défaillance, celles qui contiennent des matiéres salines & terrestres deviennent laiteuses.

Explications

Les parties salines, métalliques ou terreuses qui flottent dans l'eau, n'en altérent point la limpidité, tant qu'elles y sont seules, parce qu'elles sont extrêmement divisées, & que leur petitesse égale peut-être celle des molécules de l'eau même, qui les tient en dissolution, puisqu'elles passent comme elles au travers du filtre; mais quand on y jette une liqueur chargée de quelque matiére, avec la-

XII. LEÇON.

quelle ces particules peuvent s'unir; alors il naît de cette union des molécules plus grossiéres, dont la grandeur, la figure, ou l'arrangement ne convient plus de même au passage de la lumiére : voilà d'où vient l'opacité ou la couleur qu'on remarque dans les eaux préparées de notre expérience. Ces mêmes eaux doivent se troubler encore, lorsque les parties de sel qu'elles contiennent sont de nature à s'unir mieux que l'argent avec l'esprit de nitre; car dans ce dernier cas, les parties métalliques abandonnées à elles-mêmes, tombent par leur propre poids, & font ce qu'on nomme *précipité*. C'est par cette raison que dans les épreuves précédentes, on a vû devenir laiteuses les eaux qui contenoient du sel marin, ou de l'alun. On ne peut attribuer ces changemens qu'aux corps étrangers qui nagent dans l'eau qu'on éprouve : car la même chose n'arrive point quand on se sert d'eau distillée avec soin, dans laquelle on n'a rien mis dissoudre; & quand on prend des eaux plus chargées, ces mêmes effets en deviennent d'autant plus sensibles.

XII. LEÇON.

Applications.

Les mêmes épreuves que nous avons faites dans l'expérience précédente sur des eaux préparées à dessein, peuvent nous indiquer à peu près, les matiéres qui dominent dans certaines eaux, dont on a intérêt de connoître les qualités : on pourra donc légitimement soupçonner qu'il y a du fer ou du vitriol, dans celles que l'infusion de noix de Galles rendra rousses, brunes ou d'un violet obscur ; & c'est effectivement un des moyens que l'on employe pour reconnoître les eaux minérales ferrugineuses. L'eau d'un puits ou d'une fontaine qui deviendra laiteuse, ou bleuâtre, lorsqu'on y mêlera de l'huile de tartre ou de la dissolution d'argent, pourra passer pour une eau chargée de quelque matiére saline ou terrestre, ce que le vulgaire appelle communément *eau crue*, & qu'il reconnoît par la difficulté qu'elle a à dissoudre le savon, & à cuire les légumes.

La plus pure de toutes les eaux est celle de la pluie ; elle est distillée par

XII. LEÇON.

la nature, & elle ne peut guéres avoir d'étranger que ce qu'elle reçoit en passant par l'atmosphére : mais cela suffit apparemment pour y causer du mélange ; car on a beau la recueillir dans des vaisseaux bien nets, & sans qu'elle passe sur les toîts ni par les gouttiéres, elle ne tient jamais contre toute épreuve, sur-tout quand elle vient après une longue sécheresse & par orage ; elle se sent de la grande quantité d'exhalaisons qui régnent alors, & qu'elle emporte en tombant : mais comme la plûpart de ces substances qui viennent de l'air sont volatiles, elle s'en dépouille en peu de tems, si elle n'est pas renfermée ; & l'on peut dire que les citernes où elle s'amasse & se conserve, sont d'un très-bon usage.

Les eaux dormantes qui ne sont pas d'une grande étendue, ont ordinairement des impuretés, dont on s'apperçoit au goût, & quelquefois à l'odorat : elles sont souvent sur un fond de terre noire & bitumineuse ; les reptiles & les insectes qui y frayent & qui y périssent, les plantes de leurs rivages qui s'y pourrissent, les chargent

gent néceſſairement de parties graſſes & de ſels volatiles, dont tous ces corps contiennent une grande quantité : toutes ces cauſes enſemble font prendre à ces eaux des qualités déſagréables ou nuiſibles ; c'eſt une attention qu'on devroit avoir dans les campagnes, ſur-tout pendant les temps de ſéchereſſe où les eaux ſont baſſes, de tenir les mares très-propres ; de ne ſouffrir aucunes plantes ſur leurs rivages, de crainte que dans le grand nombre il ne s'en trouve de vénimeuſe, & d'empêcher qu'on n'y trempe le chanvre ou le lin pour le rouir ; car le bétail peut s'empoiſonner par les mauvaiſes eaux, ou gagner des maladies qui auroient des ſuites fâcheuſes.

L'eau de riviére, par les mêmes cauſes, ne ſeroit ni plus pure, ni plus ſaine que celle d'une mare, ſi le mouvement qui la briſe ſans ceſſe ne prévenoit la corruption, & ſi ſon renouvellement perpétuel, ne diviſoit & ne raréfioit, pour ainſi dire, les matiéres étrangéres qui s'y mêlent ; & c'eſt par le défaut de ce dernier effet, ſans doute, que l'eau des petites riviéres eſt communément moins bonne à

XII. LEÇON.

boire que celle des grandes, & que celle-ci même diminue de bonté, dans les tems de sécheresse où elle demeure long-tems basse.

On sçait assez de combien de matiéres différentes les eaux des fontaines & des puits se trouvent chargées : les unes contiennent du fer, du vitriol, & d'autres substances salines ou métalliques ; telles sont nos fontaines minérales de Passy, de Forges, de Vichy, de Bourbon, de S. Aman, de Plombiéres, &c. les autres sont grasses, ou sulfureuses, jusqu'à s'enflammer : telle est celle de Sibini en Allemagne, & celle qui est en Dauphiné auprès de Grenoble *. On en voit d'autres dans lesquelles les corps se pétrifient ou s'incrustent, parce qu'elles sont chargées d'un suc pierreux dont se remplissent leurs pores, ou qu'elles déposent à la surface des matiéres qu'on y plonge ; enfin l'on en trouve qui sont tellement chargées d'un sel semblable à celui de la mer, qu'on en tire assez pour fournir à la consommation de plusieurs Provinces, comme on le voit à Salins, à Salies, &c. Les sources qui ont ces

* *Histoire de l'Académ. des Sciences 1699. pag. 23.*

qualités, les doivent aux mines par lesquelles elles passent avant que de sortir de la terre : la nature se sert de toutes ces eaux errantes & comme extravasées, pour charier & rassembler selon ses vûes les principes des mixtes & de toutes les concrétions qui se forment secrettement & peu à peu dans le sein de la terre ; & par fois il arrive qu'elles se font jour, ou qu'on leur ouvre des passages, avant qu'elles ayent déposé les matiéres dont elles sont chargées.

L'eau de la mer est la moins pure de toutes les eaux communes ; sa salure, son amertume, sa viscosité, empêchent qu'on en fasse usage pour boire, ou pour préparer les alimens. Pour les voyages de long cours, on est obligé d'embarquer de l'eau douce, qui se corrompt à plusieurs reprises, & qui n'est bonne que par intervalles. Cette provision prend beaucoup de place dans un vaisseau où l'on n'en a jamais trop ; & lorsqu'elle vient à manquer, il faut souvent se détourner pour en aller chercher d'autre, ou bien l'équipage est exposé à une disette plus cruelle à souffrir que celle

XII. LEÇON.

des autres alimens. Quelle commodité ne ſeroit-ce pas pour la navigation, ſi l'on pouvoit à peu de frais, & ſans trop d'embarras, rendre l'eau de la mer potable! il y a long-tems auſſi qu'on en cherche les moyens; & à la rigueur on peut dire qu'on les a trouvés; mais les préparatifs, & certains ſoins qu'exige cette opération, & peut-être plus encore que toute autre choſe, la difficulté d'introduire une nouveauté, quelque avantageuſe qu'elle paroiſſe, ont empêché juſqu'à préſent que cette découverte ne paſſât en uſage. On peut voir dans un ouvrage dont la traduction paroît ici depuis quelques années *, ce qui a été fait à cet égard par différentes perſonnes, ſur-tout en France, par M. Gautier Médecin de Nantes, & en Angleterre par M. Hales, membre de la Société Royale, & Auteur de pluſieurs bons ouvrages de Phyſique. De tous ceux qui ſe ſont appliqués à cette importante recherche, on peut dire que perſonne n'a mieux réuſſi que ces deux ſçavans : le dernier ſur-tout a porté ſes vûes plus loin que l'autre; & par des procédés

* *Exp. Phyſ. ſur la maniére de rendre l'eau de la mer potable, &c. par M. Hales.*

fort ſimples, dont l'expérience garantit le ſuccès; il enſeigne non-ſeulement la maniére de purifier l'eau de la mer, mais encore celle de conſerver ſans corruption l'eau douce que l'on embarque. (*a*)

XII. LEÇON.

DE tous les moyens connus que l'on peut employer pour purifier l'eau en général, il n'y en a point de plus uſité que la filtration, ni de plus efficace que la diſtillation. Quand il ne s'agit que de la purger de certaines ſaletés groſſiéres qui la rendent trouble, il ſuffit de la filtrer, comme on fait, à travers de certaines pierres porreuſes, ou du gravier que l'on a ſoin de laver & de renouveller. C'eſt imiter ce qui ſe fait naturellement dans les *Caves goutiéres*, ces eſpéces de cavernes qu'on fait dans les carriéres, & où l'on voit l'eau des pluies paſſer goutte à goutte, par les lits de pierres

(*a*) Depuis quelques années pluſieurs perſonnes ſe ſont appliquées de nouveau à ces recherches, & ſont parvenues à rendre l'eau de la mer potable, en la diſtillant, après y avoit mêlé de la pierre à cautere, & de la cendre d'os calcinés, pour lui ôter ſon amertume; & M. Hales, pour hâter l'évaporation, a joint à cela de faire paſſer du vent à travers la maſſe d'eau que l'on diſtille.

XII. LEÇON.

qui en forment la voûte. De cette maniére l'eau devient ſi limpide, que l'on dit par maniére de proverbe, *clair comme l'eau de roche*. Mais il ne faut pas croire que cette clarté annonce toujours une pureté parfaite ; elle n'en eſt qu'un ſigne fort équivoque, car la plûpart de ces eaux même qui ſe filtrent ſi lentement au travers des roches, portent avec elles un ſuc pierreux, qui s'amaſſe avec le tems, & qui forme dans l'intérieur des grottes une infinité de cryſtaux pendans, de différentes figures, comme on voit aux caves de l'Obſervatoire de Paris, & beaucoup plus aux grottes d'Arcy en Bourgogne. L'eau, en ſe filtrant, ne ſe dépouille donc que des matiéres plus groſſiéres qu'elle, & pour qui les pores du filtre ne ſont pas ſuffiſamment ouverts : mais tout ce qui eſt aſſez ſubtile pour paſſer avec l'eau, y demeure conſtamment uni, ou ne céde qu'à une filtration ſouvent réitérée ou fort longue.

La diſtillation agit plus efficacement ; mais on ne peut pas dire encore que ce ſoit un moyen ſûr pour avoir l'eau abſolument ſans mélange ;

XII. LEÇON.

car ſi les ſubſtances étrangéres qu'elle contient ſont auſſi évaporables qu'elle-même, elles monteront comme elle au chapiteau de l'alambic; & l'eau, après avoir été diſtillée, n'en ſera pas plus pure qu'auparavant. Cette méthode ne peut donc avoir lieu que pour les eaux qui ſont chargées de quelque matiére fixe, encore faut-il avoir la précaution de ménager le feu, & de ne lui donner que le degré néceſſaire pour élever l'eau en vapeurs.

L'EAU la plus épurée que l'on diſtille juſqu'à ſiccité, c'eſt-à-dire juſqu'à ce qu'il n'y ait plus rien de liquide, laiſſe toujours un peu de matiére terreſtre au fond de la cucurbite; & quoiqu'on la diſtille pluſieurs fois, & que les vaiſſeaux ſoient bien nets, on remarque toujours ce petit réſidu. Ce fait obſervé par Boyle, par Hook, & par quelques autres Phyſiciens, leur a fait conclure que l'eau n'eſt point d'une nature inaltérable; & M. Newton adoptant cette penſée, dit nettement * » que l'eau ſe change en » une terre ſolide par des diſtillations » réitérées. » Cependant M. Boerha-

* *Traité d'Optique.*

XII. LEÇON.

ve, qui dit avoir examiné la chose avec une grande attention, n'est point de ce sentiment ; il croit au contraire que les parties de l'eau sont des élémens inaltérables, & que l'action du feu le plus violent ne peut les entamer, ni par conséquent leur faire changer de forme. Quant au fait sur lequel s'appuyent M. Newton & ceux qui pensent comme lui à cet égard, il l'explique en disant, que la matiére terrestre qu'on trouve après chaque distillation, vient de la masse d'air renfermée dans l'alambic, & au travers de laquelle les vapeurs de l'eau s'élévent, ou bien de quelque négligence dans la manipulation.

On ne peut pas nier que l'air contenu dans les vaisseaux d'un laboratoire, où la cendre voltige assez ordinairement, ne soit chargé de quelques saletés, qui peuvent se mêler à l'eau pendant qu'on la distille. Il est vrai qu'on aura peine à croire que cela puisse fournir une quantité sensible de matiére terrestre : mais on n'en trouve que bien peu aussi ; & j'aimerois mieux croire, après l'examen qu'en a fait M. Boerhave, que

c'eſt une matiére étrangere mêlée à l'eau, que de penſer ſur une preuve auſſi légére & auſſi douteuſe, que l'eau ſoit réductible en terre.

Comme les matiéres dont l'eau ſe trouve chargée, ſont communément plus peſantes qu'elle, on a raiſon de regarder la plus légére comme la meilleure. Il pourroit arriver cependant, qu'avec une moindre peſanteur, elle eût quelque mauvaiſe qualité : mais ce n'eſt point le cas le plus ordinaire ; & quand cela ſe trouve, les ſubſtances dont elle eſt infectée, ſont preſque toujours ſpiritueuſes ou volatiles, & l'odorat en peut juger.

On ne peut avoir que des à-peu-près touchant la peſanteur ſpécifique de l'eau, parce qu'elle eſt plus ou moins peſante, ſelon ſon degré de pureté. Boyle prétend que toutes les eaux douces, de quelque pays qu'elles ſoient, péſent à peu près également ; & qu'en les examinant ſelon les loix de l'Hydroſtatique, on y trouve à peine un milliéme de différence : mais il eſt preſque ſeul de ſon avis, & je ſçais par mes propres expériences, & par celles de

XII. LEÇON.

plusieurs Physiciens fort exacts, que sans sortir de la même province, & quelquefois même dans le même lieu, on trouve des eaux qui pésent sensiblement plus les unes que les autres. Boyle lui-même fait mention* d'une certaine Riviére, dont l'eau pese un quart moins que l'eau commune d'Angleterre, ce qui me semble bien difficile à croire : les Peuples qui en habitent les bords devroient vivre long-tems, s'il est vrai, comme le dit Hérodote *, que les Ethiopiens vieillissent communément jusqu'à 120 ans & davantage, parce que les eaux qu'ils boivent sont extrêmement légéres ; mais n'en déplaise à Hérodote, qui connoissoit mieux l'histoire morale des hommes que celle de la Nature, je crois qu'il est permis de douter & du fait & de sa cause.

* *De Usu Philos. Experim. part. 2.*

* *Lib. 3. c. 125.*

La pesanteur spécifique de l'eau la moins chargée de corps étrangers, telle qu'est pour l'ordinaire celle de la pluie ou de la neige fondue, est à celle de l'or à peu près comme 1 est à 19 $\frac{1}{2}$; à celle du mercure, comme 1 à 14 ; à celle de l'air, comme 1000

à 1 $\frac{1}{4}$. Si l'on veut sçavoir le rapport de l'eau comparée, quant au poids, avec un plus grand nombre de matiéres ; il faut consulter la Table qui se trouve dans le second Volume de cet Ouvrage *pag. 393 & suiv.* Mais je dois avertir les personnes qui seroient curieuses ou de répéter ces sortes de comparaisons, ou d'en tenter de nouvelles, soit avec l'Aréométre, soit en usant de tout autre moyen, de faire leurs épreuves avec toutes les précautions que j'ai marquées, quelques pages avant la Table dont je viens de parler.

De toutes les attentions qu'on doit avoir dans ces sortes d'expériences hydrostatiques, une des plus essentielles, c'est de ne point comparer deux eaux ensemble, qu'elles n'ayent précisément un égal degré de chaleur, & que cette température commune ne différe pas beaucoup de celle de l'air, ou du milieu dans lequel on opére ; car l'eau, comme toutes les liqueurs, & pour parler plus généralement, comme toutes les matiéres du monde, se raréfie & devient plus légére, à mesure qu'elle s'échauffe ;

XII. LEÇON.

comme elle se condense & devient plus pesante en se refroidissant. Ce n'est donc qu'avec un Thermométre très-sensible, & scrupuleusement observé, qu'on peut entreprendre ces opérations, dont les résultats ne peuvent donner que des différences peu considérables, & dans lesquelles la plus petite erreur devient une grande faute.

L'EAU qui cessant d'être glace, commence à être liqueur, & que l'on expose à l'action du feu dans un vaisseau où l'air extérieur a un libre accès, s'échauffe & se dilate peu à peu, jusqu'à ce qu'elle bouille; après quoi elle cesse de se dilater & de s'échauffer, quoique l'on continue ou que l'on augmente même la violence du feu; mais comme elle bout plus ou moins facilement, selon que sa surface est plus ou moins libre de se soulever, il peut arriver qu'elle soit dilatée autant qu'elle peut l'être, avant qu'elle ait reçu toute la chaleur qu'elle pourroit prendre; ou bien elle peut être gênée de façon qu'en se dilatant moins que de coutume, elle s'échauffe cependant beaucoup davantage;

Les Expériences suivantes serviront & d'explications & de preuves à ces propositions. XII. LEÇON.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut choisir un matras dont le col ait environ 15 pouces de longueur, & 12 ou 14 lignes de diamétre intérieurement ; le placer dans une cuvette remplie de neige ou de glace pilée, & à côté de lui un vaisseau de verre ou de métal fort mince plein d'eau qu'on laisse refroidir pendant quelques heures. *Voyez la Fig.* 1. Prenez ensuite de cette eau refroidie avec un chalumeau de verre renflé au milieu, & que vous n'emplirez jamais que jusqu'au fil *A*. Faites en sorte qu'une telle mesure vuidée 25 fois dans le matras le remplisse à peu près jusqu'à la naissance du col ; alors vous y plongerez un petit Thermométre de mercure, gradué avec des fils sur son propre tube, & que vous arrêterez dans le col du matras, par le moyen de deux petites rondelles de liége, taillées en rosettes afin

XII. LEÇON.

qu'elles ne bouchent point entiérement & qu'elles laissent un libre accès à l'air extérieur.

Tout étant ainsi disposé, marquez avec un fil sur le col du matras, l'endroit où se terminent les 25 premiéres mesures d'eau ; & continuez d'en mettre encore 2 ou 3, dont chacune sera marquée par un fil. Puis vous les ôterez en inclinant le vaisseau, ou avec un chalumeau, de sorte qu'il n'en reste que 25.

Il faut avoir un bain de sable qu'on puisse échauffer avec un réchaud plein de charbons allumés, & dans lequel on puisse placer le matras.

Enfin il faut encore que ce matras placé dans son bain de sable, puisse répondre au récipient d'une machine pneumatique, par le moyen d'un scyphon, comme on le peut voir par la *Fig.* 2.

Effets.

1°. Lorsqu'on a transporté le matras, de la cuvette pleine de glace dans le bain de sable, & qu'on l'a chauffé jusqu'à ce que l'eau commence à bouillir ; alors le Thermométre mar-

que 212, s'il eſt gradué comme ceux de Fahrenheit, ou de Preins ; & le vaiſſeau ſe trouve plein juſqu'au ſecond fil, comme il l'étoit quand il y avoit 26 meſures d'eau froide.

2°. Quoique l'on continue de chauffer le bain de ſable, l'eau ne s'éléve pas davantage dans le matras ; & la liqueur du Thermométre, reſtant toujours à la même élévation, marque évidemment que le degré de chaleur eſt toujours le même.

3°. Si, lorſqu'on fait chauffer l'eau, au lieu de laiſſer le matras ouvert & communiquant avec l'air extérieur, on adapte ſon orifice au ſcyphon, comme on le voit par la *Fig.* 2. & qu'en faiſant agir la pompe, on raréfie d'abord le plus qu'il eſt poſſible, l'air qui eſt dans ces vaiſſeaux, & qui s'étend juſqu'à la ſurface de l'eau contenue dans le matras ; à peine le Thermométre eſt-il monté au 64me degré, ce qui marque une chaleur bien médiocre, (*a*) que l'eau commence à bouillir fortement.

(*a*) Ce degré de chaleur répond au ſeiziéme du Thermométre de M. de Reaumur ; c'eſt un peu plus que la température moyenne de l'Atmoſphére dans le climat de Paris.

XII. LEÇON.

4°. Si l'air eſt moins raréfié, l'eau bout plus tard, c'eſt-à-dire, qu'il faut qu'elle ait acquis une plus grande chaleur que dans le cas précédent; & le retardement de l'ébullition augmente comme la denſité de l'air qui agit ſur la ſurface de l'eau.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

B C, Fig. 3. eſt une boîte cylindrique de métal, qui a par-tout environ 8 lignes d'épaiſſeur, & dont le couvercle également épais, s'applique par le moyen d'une groſſe vis *D*, & d'une bride ou étrier très-ſolide, de fer forgé. Il faut mettre pluſieurs anneaux de papier mouillé entre les parties qui ſe joignent, afin que le vaiſſeau demeure exactement fermé. *E F* eſt une eſpéce de réchaud, ou de fourneau de tôle forte, dans lequel on met de la braiſe ou du charbon allumé, pour échauffer le vaiſſeau *B C*, que l'on place dedans, ſur un trépied qui le tient élevé de quelques pouces au-deſſus du feu.

XII. LEÇON.

Effets.

Si l'on emplit d'eau cette eſpéce de marmite, à peu près juſqu'aux trois quarts de ſa capacité, & qu'on y renferme des os les plus épais & les plus durs, après lui avoir donné un degré de chaleur capable d'évaporer ſubitement une goutte d'eau qu'on jette deſſus, on trouve les os blanchis, amolis, de maniére qu'on les écraſe facilement ſous les doigts, comme s'ils avoient été calcinés; & ſi l'on employe des os de veau, avec un peu de corne de cerf, & un dégré de feu beaucoup moindre, l'eau étant refroidie, a la même conſiſtance & le même goût qu'une gelée de viande.

Si l'on y a mis des morceaux de Chêne, de Hêtre, d'Orme, &c. on les retire ſemblables à du bois mort, qui auroit été long-tems expoſé à l'air & à la pluie; & l'eau dont ils ont été pénétrés, annonce par ſa couleur, par ſon odeur & par ſon goût, qu'elle en a extrait les huiles, les ſels & les ſouffres qui ſervoient à lier les fibres.

Explications.

Quand on fait chauffer de l'eau

XII. LEÇON.

dans un vaſe ouvert, le feu qui s'inſinue entre les parties du liquide, qui tend à les écarter & à les diviſer, fait un effort continuel pour dilater la maſſe & en augmenter le volume ; les parois & le fond du vaſe d'une part, & de l'autre le poids de l'atmoſphére qui preſſe la ſurface, ſont autant d'obſtacles qui s'oppoſent à cet effet ; mais comme l'air peſe autant autour du vaſe que deſſus, l'eau s'y trouve doublement contenue, tandis qu'à ſa ſurface il n'y a que la preſſion de l'atmoſphére à vaincre : ainſi à meſure qu'elle ſe dilate, elle s'éléve peu à peu, juſqu'à ce qu'enfin les pores étant ſuffiſamment ouverts, la matiére du feu paſſe librement au travers de la maſſe, & n'en ſouléve plus que certaines parties les plus expoſées à ſon choc, & qui retombent auſſi-tôt, ce qui fait l'ébullition.

Mais ſi le poids ou le reſſort de l'air ne preſſe plus, ou qu'il preſſe moins la ſurface de l'eau ; le feu, avec un moindre effort, peut la ſoulever, paſſer librement, & la faire bouillir : c'eſt donc pour cela qu'on a vû l'eau du matras s'élever en gros bouillons,

quoiqu'elle fût à peine tiéde ; car alors l'air qu'on avoit extrêmement raréfié, n'étoit plus en état de la contenir aussi long-tems contre l'action du feu.

Par la raison du contraire, lorsque l'eau est enfermée de toutes parts, dans un vaisseau bien solide, comme celui de la troisiéme Expérience, le feu qui ne peut la soulever, pour se faire un passage libre, s'amasse en plus grande quantité ; & le liquide qui tend à se dilater & à s'étendre, avec une force proportionnée à cette résistance, pénétre tout ce qui est enfermé avec lui ; & les os dilatés eux-mêmes par un grand degré de chaleur, en deviennent plus pénétrables ; l'eau s'insinue donc dans leurs pores, & en enléve tous les sucs qui lient les parties, de sorte qu'après cette extraction, les lames osseuses & leurs parties se désunissent au moindre effort.

Quand on fait ainsi chauffer l'eau dans un vaisseau fermé exactement, il faut bien prendre garde de l'exposer à un feu trop violent ; car une dilatation forcée pourroit faire tout cre-

XII. LEÇON.

ver, au grand danger de ceux qui se trouveroient présens ; c'est pour cela que je me sers d'une boîte de fonte qui a par-tout 8 lignes d'épaisseur, & que je ne lui donne qu'un degré de feu peu considérable.

Il faut remarquer aussi que l'amollissement des os, & les dissolutions qu'on peut faire par le moyen de cette machine, réussissent d'une maniére plus complette, & plus promptement, lorsqu'on fait agir le feu avec plus de vigueur : c'est-à-dire, que la même quantité de charbon allumé lentement, n'a pas autant d'effet que s'il étoit brûlé tout ensemble, & poussé avec plus de force ; apparemment, parce qu'un feu lent a le loisir de s'évaporer en partie à travers le métal, ce qui diminue d'autant son action dans l'intérieur du vaisseau.

APPLICATIONS.

PUISQU'IL faut moins de feu pour faire bouillir l'eau, lorsqu'elle est moins pressée par le poids ou par le ressort de l'air ; dès qu'on a eu cette connoissance, on a dû présumer qu'au sommet d'une montagne la chaleur

de l'eau bouillante ne devoit pas être aussi grande, qu'elle le seroit dans un lieu moins élevé ; car la colonne d'air qui répond à l'ouverture du vase, étant plus courte, est aussi moins pesante. Cette présomption vérifiée par MM. de Thury & le Monnier, nous apprend que la chaleur de l'eau bouillante, qu'on regarde communément comme un terme fixe, ne l'est pourtant qu'à certaines conditions ; c'est pourquoi Fahrenheit en construisant ses thermométres, ne manquoit pas d'avoir égard à la hauteur actuelle du barométre, & ne marquoit le terme de l'eau bouillante, au 212e degré, que dans les lieux & dans les tems où le poids de l'atmosphére soutenoit 28 pouces de mercure, mesure du Rhein, ce qui revient à peu près à 27 pouces $\frac{1}{2}$ de France, hauteur moyenne du barométre ; j'en use de même à l'égard des thermométres de mercure, à qui je donne une marche fort étendue.

Il est probable que ce que nous venons d'observer ici à l'égard de l'eau, est commun à toutes les liqueurs : ainsi l'esprit-de-vin d'un thermomé-

XII. LEÇON.

tre doit bouillir d'autant plutôt, que le tube de l'inſtrument eſt purgé d'air plus parfaitement. Les premiers qui ont été conſtruits ſur les principes de M. de Reaumur, ne ſoutenoient pas la chaleur de l'eau bouillante, par cette raiſon; mais on peut leur donner cette propriété, en laiſſant un peu d'air dont le reſſort s'oppoſe à l'ébullition, lorſque la liqueur monte aux plus hauts degrés. Il faut alors que les verres ſoient un peu plus épais que de coutume, pour réſiſter à l'effort qui ſe fait intérieurement.

CETTE eſpéce de marmite dans laquelle nous avons fait amollir les os, eſt une invention que l'on doit à Papin, dont elle a toujours porté le nom; il fut le diſciple de M. Hughens à Paris, & enſuite à Londres celui de Boyle, ſous la direction duquel il fit une grande partie des expériences phyſico-méchaniques, qu'on trouve dans les ouvrages de ce dernier Auteur. En publiant cette machine, ſon deſſein étoit d'introduire un moyen facile & de peu de dépenſe, pour extraire les ſucs de toutes les matiéres, tant animales que végétales;

& pour cuire ſans évaporation toutes les matiéres qui ſervent d'alimens. On peut voir, dans un volume *in*-12 * qu'il fit imprimer en 1681, la deſcription de ce *digeſteur*, (c'eſt le nom qu'il lui donne ;) les corrections qu'il y fit en différens tems, & un grand nombre d'expériences fort curieuſes, d'où il réſulte, qu'en peu de tems, & avec une petite quantité de charbon, on peut faire de fort bonne gelée, avec les os de bœufs & autres matiéres, dont on ne fait point uſage ; qu'on peut cuire les viandes, le poiſſon & les fruits dans leur jus, leur conſerver leur ſuc & un meilleur goût ; extraire les teintures de différentes matiéres, amollir les bois durs & l'ivoire, de maniére qu'on puiſſe y imprimer des médailles, &c.

* *La maniére d'amollir les os, & de &c.*

Tous ces avantages que perſonne n'a jamais conteſtés, & que les gens de l'art lui accordent même encore aujourd'hui, portent naturellement à demander pourquoi l'on néglige l'uſage de cette machine. C'eſt qu'il y a quelques difficultés à vaincre : il faut qu'avec une force ſuffiſante pour l'em-

XII. LEÇON.

pêcher de crever au feu, & avec la capacité d'une marmite ordinaire, elle devienne assez simple pour être confiée aux soins d'un domestique, & d'un prix qui s'accorde avec les vûes d'économie qui l'ont fait inventer (*a*).

UNE des principales propriétés de l'eau, & dont on voit le plus communément les effets, c'est de s'introduire dans presque tous les corps, & d'en dissoudre un très-grand nombre: à l'exception des matiéres grasses, des résines, & de quelques concrétions ou compositions très-dures, comme sont les crystaux, le verre, &c. elle pénétre toutes les autres; il n'y a de différence que du plus au moins: l'énumération qu'on en pourroit faire occuperoit ici trop de place, & c'est un détail qui appartient plus à la chimie qu'à la physique: je me bornerai donc à quelques exemples qui m'ont paru plus remarquables que les autres,

(*a*) Voyez un petit ouvrage imprimé à Clermont-Ferrand en 1761, sous ce titre: *Mém. sur l'usage économique du Digesteur de Papin, donné au public par la Société des Belles-Lettres, Sciences & Arts de Clermont-Ferrand.*

ou

ou qui ſont plus intéreſſans par l'uſage qu'on en peut faire.

Les ſels, & ſur-tout ceux qu'on nomme *alkalis*, ſont de toutes les matiéres, celles qui ſe diſſolvent ou en plus grande quantité ou plus vîte dans l'eau, & dont la ſolution offre les phénoménes les plus curieux : en voici deux des principaux, & qui me donneront occaſion d'en rapporter d'autres : 1ment, un ſel que l'on jette dans l'eau s'y diſſout en plus ou moins grande quantité, ſelon la nature dont il eſt, & le degré de chaleur de l'eau : 2ment, il la refroidit communément.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Que l'on péſe ſéparément une demi-livre de ſel marin, & autant de ſalpêtre raffiné, l'un & l'autre pulvériſé & bien ſéché ; qu'on en mette peu à peu dans deux vaſes qui contiennent chacun une livre d'eau diſtillée, & dont le degré de chaleur ſoit égal, juſqu'à ce qu'enfin ces deux portions d'eau ſoient raſſaſiées, l'une de ſel marin, l'autre de ſalpêtre, ce qui

XII. LEÇON. s'apperçoit lorſque les grains demeurent au fond ſans ſe diſſoudre ; & que l'on péſe les reſtans des deux ſels pour ſçavoir duquel on a employé le plus.

Effets.

On trouve plus de ſalpêtre que de ſel marin ; & par conſéquent on voit que la même eau, à chaleur égale, diſſout plus du dernier que du premier.

V. EXPERIENCE.

Preparation.

Si l'on met dans l'eau bouillante autant de ſel commun qu'elle en peut diſſoudre, & qu'on la laiſſe refroidir enſuite :

Effets.

A meſure que l'eau perd ſa chaleur, on voit une partie du ſel tomber au fond ; & ſi on la fait chauffer de nouveau, ce ſel diſparoît, & rentre dans l'eau.

Explications.

Chaque grain de ſel que nous voyons, eſt un aſſemblage de petits

cryſtaux que nos yeux, aidés du meilleur microſcope, ne pourroient point appercevoir ſéparément les uns des autres ; ces particules, lorſqu'elles ſont réunies, & qu'elles font maſſe, laiſſent entr'elles des petits intervalles dans leſquels l'eau s'inſinue, par la même cauſe apparemment, qui la fait entrer dans les tuyaux capillaires. Mais comme cette cauſe, telle qu'elle ſoit, eſt plus puiſſante que la force avec laquelle les parties du ſel ſont jointes enſemble, l'eau non-ſeulement ſe gliſſe entr'elles ; mais elle les écarte & les ſépare les unes des autres : alors la maſſe qui étoit viſible diſparoît, & ſes parties déſunies flottent dans le diſſolvant.

Ces particules ſalines, auſſi fines peut-être que celles d'un fluide, enfilent à leur tour les pores de l'eau, & ſe diſtribuent uniformément dans toute la maſſe, dans laquelle, malgré leur excès de péſanteur, elles demeurent ſuſpendues par le frottement, ou par la même cauſe qui les a fait monter. Une preuve que le ſel diſſout ſe loge dans les pores de l'eau, c'eſt que les deux volumes ſe confondent ; c'eſt-

XII. LEÇON.

à-dire, qu'on peut faire fondre dans l'eau une certaine quantité de sel, sans que le vase qui la contient en soit plus plein : il faut donc que les parties de celui-ci n'occupent dans le fluide que des places qui étoient vuides, ou remplies d'une matiére qui n'étoit point de l'eau.

Les parties du sel s'unissant à celles de l'eau, en augmentent la grandeur, & en changent la figure : ces deux causes, dont une pourroit suffire, rendent le dissolvant moins propre à entamer de nouvelles masses ; & c'est par cette raison sans doute que l'eau ne peut dissoudre qu'une certaine quantité de sel.

Mais comme la chaleur augmente la fluidité de l'eau, sa porosité & celle du sel, la dissolution qui dépend beaucoup de ces conditions, devient plus prompte & plus complette avec l'eau bouillante qu'avec toute autre ; & lorsque le froid vient à resserrer les pores, les parties de sel qui n'y trouvent plus de place, se rassemblent & tombent au fond du vaisseau.

Comme la dissolution dépend en-

core d'une certaine proportion de grandeurs & de figures entre les parties du dissolvant, & les pores du corps dissoluble, & que les sels dont les parties différent suivant l'espéce, doivent par cette raison avoir des pores fort différens les uns des autres, l'eau ne doit point avoir prise sur tous. Voilà pourquoi plus de peut-être elle dissout, par exemple, sel marin que de salpêtre.

XII. LEÇON.

On peut croire que toutes les parties de l'eau ne sont point d'une grandeur égale, que sa porosité par conséquent n'est point uniforme, & qu'il y a dans sa masse des interstices plus ouverts les uns que les autres; il est très-probable aussi que certains sels ont des parties assez déliées pour remplir jusqu'aux plus petits pores de l'eau, tandis que d'autres, en se dissolvant, ne peuvent se loger que dans les plus grands: de-là il doit s'ensuivre que l'eau chargée d'un sel, autant que l'analogie ou la proportion des parties le permet, soit encore en état d'en dissoudre quelqu'autre; aussi voit-on, par exemple, l'eau rassasiée de nitre dissoudre encore un peu de sel marin.

XII. LEÇON.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans une chopine ou une livre d'eau bien pure & bien fraîche, il faut mêler 4 ou 5 onces de sel armoniac pulvérisé.

EFFETS.

A mesure que le sel se dissout, l'eau se refroidit considérablement; ce qu'il est facile d'appercevoir, non-seulement au tact, mais encore mieux, par le moyen d'un thermométre que l'on tient dans le mélange, & dont on voit baisser la liqueur de 11 à 12 degrés.

EXPLICATIONS.

Le sel armoniac vient d'Egypte: on le tire de la suie des cheminées où l'on a brûlé des excrémens d'animaux mêlés avec de la paille. M. Geofroy qui nous en a appris l'origine, nous a aussi donné les moyens d'en faire artificiellement, & de nous passer à cet égard du commerce étranger *. M. son frere, en éprouvant les

* Mem. de

différens degrés de froid ou de chaud que le mélange des sels peut faire prendre à l'eau *, remarqua, comme avoit fait Boyle avant lui, que de tous ceux qui la refroidissent, il n'y en a point qui ayent autant d'effet que le sel armoniac ; que ce refroidissement peut aller jusqu'à faire glacer, non pas l'eau même qui est chargée de sel, mais toute eau pure qui touche le vase où est le mélange.

XII. LEÇON. l'Acad. des Sc. 1720. p. 189.

* *Mem. de l'Acad. des Sc.* 1700. p. 110.

Ce sçavant Chymiste attribue ces sortes d'effets au repos des parties, en supposant, selon l'opinion qui étoit la plus commune alors, que la chaleur, dans les corps, n'est autre chose que le mouvement intestin des petites masses qui les composent. « Ayant établi, dit-» il *, (avec tous les Physiciens) que » le froid n'est que la diminution du » mouvement, je dis que le refroi-» dissement que les sels apportent à » l'eau, me paroît venir de ce que les » parties salines étant sans mouve-» ment, & partageant celui de la li-» queur, le diminuent d'autant, ce » qui produit le refroidissement plus » ou moins grand de cette même li-» queur. » Et pour expliquer en par-

* *Ibid.* p. 114.

XII. LEÇON.

* *Ibid.* p. 115.

ticulier pourquoi le sel armoniac refroidit l'eau plus qu'aucun autre, il ajoute*: « Le sel armoniac est, (comme »l'on sçait,) un composé de sel »marin & de sel d'urine ; l'un très-»aisé, l'autre très-difficile à dissou-»dre. Les parties du sel marin étant »comme emprisonnées entre les par-»ties du sel d'urine, il arrivera que »beaucoup de parties d'eau pénétrant »d'abord très-promptement les parti-»cules salines de l'urine, y perdront »aussi-tôt beaucoup de leur mouve-»ment ; & ce mouvement s'affoiblira »d'autant plus, que ces parties d'eau »rencontreront ensuite des parties »salines d'une autre nature, & dont »la résistance est beaucoup plus con-»sidérable que celle des sels de »l'urine ; ainsi dans les premiers ins-»tans de la dissolution, le mouve-»ment d'une grande quantité de par-»ticules aqueuses se trouvant rallenti »tout d'un coup très-considérable-»ment par les sels de l'urine, & par »le sel marin, excitera dans ces pre-»miers momens un froid bien plus »grand que le froid des autres disso-»lutions des sels, que l'eau ne pé-»nétre pas si promptement. »

Ces explications ſont intelligibles; elles n'employent que des cauſes méchaniques dont on entrevoit au moins la poſſibilité ; mais elles ſuppoſent un principe que j'ai peine à admettre, & ſur lequel j'ai déja dit ma penſée ailleurs* ; rien ne m'engage à croire que les liquides comme tels ayent un mouvement de parties autre que celui qui ſe trouve dans tous les corps indifféremment, par leur degré de chaleur actuel. Je ne vois donc pas bien pourquoi les parties de ſel ſeroient ſans mouvement, ni pourquoi elles diminueroient celui de l'eau en le partageant. Mais ne pourroit-on pas dire, que par la pénétration réciproque de l'eau dans le ſel, & des parties ſalines dans les pores de l'eau, la matiére du feu eſt expulſée pour quelque tems, ce qui doit rallentir cette eſpéce de mouvement en quoi conſiſte la chaleur, & qui dépend d'elle pour naître & pour ſubſiſter ? Ce qui ſemble autoriſer cette conjecture, c'eſt qu'il y a certaines fermentations froides qui exhalent des vapeurs chaudes, & qui ſemblent indiquer par cet effet, que le feu

* *Tom. II. p. 442.*

XII. LEÇON.

chaſſé avec violence des matiéres qui ſe pénétrent mutuellement, emporte avec lui les parties les plus ſubtiles de ces mêmes matiéres.

APPLICATIONS.

QUELQUES Auteurs attentifs aux cauſes finales, & occupés du déſir de les faire connoître, conſidérant que la mer eſt ſalée par-tout, & qu'elle l'eſt davantage dans les pays chauds que dans ceux qui ſont plus froids, prétendent que ſans cette précaution, l'Océan n'eût été qu'un grand cloaque d'eaux corrompues, inhabitable pour tout être animé, & inacceſſible aux hommes. « La divine Provi-
» dence, diſent-ils, qui veille à la con-
» ſervation de toutes choſes, ayant
» donné au ſel la propriété d'empêcher
» la corruption, en a mis dans les eaux
» de la mer pour les conſerver ſaines :
» & proportionnant le reméde aux be-
» ſoins, elle a employé ce minéral en
» plus forte doſe, dans les climats où
» l'eau eſt le plus en danger de ſe cor-
» rompre, par la chaleur qui y ré-
» gne. »

Il eſt certain que Dieu a tout fait

pour le mieux ; & par mille exemples frappans qui ſe préſentent d'eux-mêmes, & que nous ne ſçaurions voir avec aſſez d'admiration & de reconnoiſſance, nous ſommes convaincus que ſa ſageſſe a établi les moyens les plus ſimples & les plus sûrs, pour conſerver ce bel ordre qui régne dans ſes œuvres, & d'où dépend notre bien être : mais par-tout où ſes deſſeins ne ſe montrent point d'eux-mêmes, je crains toujours de me tromper en eſſayant de les deviner, & de prêter à l'Auteur de la nature des intentions qu'il n'a point eues, & que la nature même démente lorſqu'elle ſera mieux obſervée. Si le ſel a été mis dans la mer par une main qui ne ſe trompe jamais, comme un préſervatif néceſſaire pour empêcher la corruption ; pourquoi l'eau de la mer ſe corrompt-elle comme d'autres quand on la garde dans des vaiſſeaux fermés ? Pourquoi les grands lacs, & toutes les eaux douces, même des pays chauds, ne deviennent-ils pas des cloaques infects ? Enfin s'il falloit abſolument que l'eau de la mer fût incorruptible, pour être en état de faire vivre des

XII. LEÇON.

êtres animés, pourquoi les eaux croupies fourmillent-elles d'animaux? Etoit-il plus difficile de créer des poiſſons qui puſſent vivre, comme la plûpart de nos reptiles, dans une eau corrompue, que d'en faire naître qui s'accommodaſſent d'une eau ſalée où tous les autres périſſent. Je m'en tiens donc au fait, & je vois que ſelon le réſultat de la 5e expérience, la mer doit être plus ſalée, (comme elle l'eſt en effet,) dans les climats chauds que dans le nord, puiſque l'eau tient d'autant plus de ſel en fuſion, qu'elle eſt plus chaude. Ce n'eſt pas qu'on ne trouve quelquefois, ſur-tout près des côtes, à l'embouchure des riviéres, & dans les courants, l'eau de la mer plus douce dans un pays chaud, qu'elle ne l'eſt communément dans un climat plus froid: mais ce ſont des cas particuliers qui ont auſſi leur cauſes à part; & il s'agit ici du général.

Il n'eſt pas douteux que le goût ſalé qu'on trouve à l'eau de la mer, ne vienne du ſel qu'elle contient; on l'en ſépare tous les jours par évaporation dans les marais ſalans qui ſont ſus les côtes d'Aunis, de Breta-

gne, &c. pour être distribué ensuite dans les gabelles du Royaume; & par les expériences de M. le Comte de Marsilli, de MM. Halley, Hales, &c. quoique les résultats ne soient pas tout-à-fait les mêmes, il paroît qu'il y a par livre d'eau environ 4 gros de sel, c'est-à-dire, $\frac{1}{32}$ du poids. Mais on voudroit sçavoir comment ce sel se trouve dans l'eau de la mer, & comment il s'y entretient toujours à peu près en même quantité; ces deux questions n'ont encore fait naître que des conjectures.

L'opinion la plus commune suppose qu'il y a dans le lit de la mer des mines de sel comme on en trouve en divers autres endroits de la terre; que l'eau qui les baigne continuellement s'en charge peu à peu, & que le mouvement distribue cette salûre uniformement dans toute la masse des eaux. Cette supposition n'a rien qui choque au premier aspect; elle est appuyée sur des exemples, & ce n'est pas la détruire que de dire: « Jamais la sonde dont on se sert pour connoître » les différens fonds de la mer, n'a » montré l'existence de ces préten-

XII. LEÇON.

» dues mines de ſel ; » car la fonde ne va point par-tout ; & quand elle iroit, ces lits de ſel peuvent être auſſi durs qu'une infinité d'autres corps qu'elle n'entame point, & dont elle n'apporte jamais d'échantillons. Mais ce qui ſouffre plus de difficulté, c'eſt de ſçavoir pourquoi de ces mines que la mer couvre & frotte continuellement, il ne s'en diſſout que 4 gros par livre d'eau, tandis qu'on ſçait d'ailleurs que cette eau même en peut diſſoudre beaucoup plus : Quelle eſt donc la cauſe qui arrête les progrès de cette diſſolution.

Dira-t-on qu'elle continue toujours pour remplacer le ſel qu'on tire de la mer ?

Un remplacement ſi précis, que la ſalûre ſoit toujours égale, à peu de choſe près, paroît ſuſpect ; on ne tire point du ſel de la mer dans toutes les ſaiſons, & cependant la ſalûre eſt toujours la même.

Vaudroit-il donc mieux dire que ces mines ſont épuiſées dès les premiers tems de la création, & que la mer ne diſſout plus de nouveau ſel, parce qu'elle n'en trouve plus à diſ-

foudre ? Mais comment remplacer alors celui qu'on en tire chaque année, pour rendre raifon d'une falûre qui paroît être égale ?

J'avoue que cette opinion a bien fes difficultés auffi ; mais cependant s'il falloit prendre parti pour quelqu'une, ce feroit à celle-ci que je donnerois la préférence. Quant au remplacement du fel, je trouve un moyen de le faire, en confidérant que celui qu'on extrait de la mer, & qui s'employe foit dans nos alimens, foit à d'autres ufages, ne s'anéantit point ; qu'il n'eft que difperfé ; qu'étant fixe, comme on fçait qu'il l'eft, il ne peut que fe répandre à la furface de la terre, ou s'y enfoncer peu profondément. Les eaux douces doivent néceffairement s'en charger ; & comme elles vont toutes à la mer, ce fel qui en étoit forti y rentre continuellement : en un mot, il faut admettre cette circulation, ou fuppofer que tout le fel qui fort de la mer refte en terre, & augmente la maffe du continent. Mais quand on fait attention à la prodigieufe quantité de fel qui fe confume depuis tant de fiécles, &

XII. LEÇON.

à l'insipidité de la terre, cette derniére supposition perd toute vraisemblance.

Il est vrai que les eaux qui retournent à la mer, paroissent insipides aussi ; mais ce qu'elles contiennent de sel, ne peut venir que de la consommation courante, ce qui est bien peu de chose, en comparaison de la quantité qui devroit se trouver dans la terre, si tout y restoit. Leur insipidité même n'en est point une absolument ; les personnes qui ont le goût délicat, sçavent bien faire la différence des eaux qu'ils boivent : les eaux courantes deviennent presque toutes laiteuses ou troubles, quand on les éprouve avec la dissolution d'argent ; & tout le monde trouve l'eau distillée sensiblement plus fade que celle qui ne l'est pas ; ce sont autant de raisons pour croire que l'eau commune, que nous appellons *douce*, ne l'est que par comparaison à l'eau de la mer, qui est beaucoup plus salée qu'elle.

Pour ne rien dissimuler ici de ce qu'on peut objecter contre l'opinion que je défends, je dois observer que tout le sel qui se consume ne vient

point

point de la mer; on en tire beaucoup des mines d'Eſpagne, de Pologne, &c. & des puits ſalés de Franche-Comté, du Languedoc, &c. dont on ſçait que les ſources ne viennent point de la mer : ſi les eaux courantes rapportent le ſel à la mer, ces ſels foſſiles qui lui ſont étrangers devroient augmenter ſa ſalûre ; ainſi la raiſon que j'ai donnée pour faire voir que le ſel de la mer ne doit pas diminuer, ſemble en être une pour croire qu'il doit augmenter ; ce qui eſt également contredit par les obſervations.

Cette difficulté eſt fort grande, & je ſens bien qu'elle pourroit devenir encore plus ſpécieuſe, ſi elle ſe préſentoit avec un certain appareil de calculs dont elle eſt ſuſceptible ; mais on doit faire attention que tout le ſel qui ſort de la mer n'y rentre pas ſans déchet, parce que la nature en employe une quantité aſſez conſidérable à la nutrition des animaux, à la végétation des plantes, & généralement à la formation & à l'accroiſſement de tout ce qui augmente en maſſe & en volume, & qu'il en reſte auſſi dans la terre, pour y entretenir les

XII. LEÇON.

mines de cette espéce, ou pour en former de nouvelles : ainsi la mer reprend à peu près la même quantité de sel qu'on en tire, parce que les eaux courantes y font rentrer une partie de celui qu'on fait dans les marais salans, & une partie de celui qui vient des mines : par ce moyen la salûre demeure toujours égale, non à la rigueur, mais avec des plus & des moins dont ce systême ne peut guéres se passer, & qui se trouvent heureusement d'accord avec les expériences qui ont été faites en différens tems.

Les sels se mêlent assez facilement avec les matiéres grasses auxquelles l'eau ne s'unit qu'avec beaucoup de peine ; c'est pour cela que les lessives enlévent si bien la crasse du linge & les parties huileuses qui ont pénétré les étoffes ; car les molécules de l'eau armées, pour ainsi dire, des parties salines & aiguës de la cendre, entament & détachent la graisse, sur laquelle elles ne feroient que glisser, si elles étoient seules ; & comme le bois flotté, ou qui a été trop longtems dans l'eau, se trouve dépouillé d'une grande partie de son sel, sa

cendre ne vaut rien pour les leſſives, & l'on a raiſon de lui préférer celle du bois neuf. XII. LEÇON.

L'union de l'eau avec les matiéres graſſes ſe fait encore bien plus facilement, lorſque le ſel qui ſert d'interméde ſe trouve déja uni avec quelque huile ; c'eſt pourquoi l'on fait, pour blanchir le linge, une eſpéce de pâte qu'on nomme *ſavon*, & qui eſt principalement compoſée d'huile, de ſuif, & de quelque matiére ſaline, comme la ſoude d'Alicant, la chaux vive, ou la cendre de chêne.

Il y a des eaux qui ſont naturellement ſavoneuſes par la nature du terrein où elles coulent, & qui, par cette raiſon, ſont plus propres que d'autres à certains uſages ; on croit communément, par exemple, que la petite riviére des Gobelins, contribue beaucoup par la qualité de ſes eaux, à la beauté des teintures qu'on admire dans les ouvrages de cette célébre manufacture : mais on exagére ſouvent ces ſortes de propriétés, en attribuant à la nature d'un pays un mérite qu'on voit avec jalouſie tourner au profit de ceux qui y cultivent cer-

tains arts avec diſtinction. (*a*)

XII. LEÇON.

LE déſir de boire frais pendant les chaleurs, nous fait faire des proviſions de glace qui ſe conſerve d'une année à l'autre dans des eſpéces de caves fermées de toutes parts, & impénétrables aux rayons du ſoleil; mais il y a des tems & des lieux où l'on n'a point cette commodité, ſoit parce qu'il n'y fait point aſſez froid pour convertir l'eau en glace, ſoit parce qu'on manque de glaciére pour la ſerrer. La 6ᵉ expérience nous fournit un moyen d'y ſuppléer: il n'y a guéres d'endroits où il n'y ait un puits ou quelque ſouterrein qui ait 25 ou 30 pieds de profondeur. A une telle diſtance de l'air extérieur, j'ai éprouvé pluſieurs fois avec un thermométre, que la température, dans toutes les ſaiſons de l'année, eſt à peu près de 8 ou 10 degrés au-deſſus du terme de la congélation; ſi l'on y deſcend

(*a*) Par ce correctif je ne prétends point dire qu'il n'y ait dans certains terreins ou dans certaines eaux des propriétés qui les diſtinguent; il y a mille exemples qui le prouvent; mais je combats ſeulement l'abus que l'on fait de cette connoiſſance, en attribuant ſouvent à la nature ce qui eſt dû à l'art ou à l'induſtrie.

du sel armoniac dans un vaisseau bien fermé, & de l'eau dans une bouteille; que l'on retire l'un & l'autre une heure après, pour mêler ensemble une partie de sel contre quatre d'eau, ce mélange deviendra plus froid que la glace, & l'on y pourra faire également rafraîchir sa boisson. J'avoue que cette maniére de suppléer à la glace est un peu chére; car le sel armoniac vaut à peu près 50 sols la livre; mais on le retire avec très-peu de déchet, en faisant évaporer l'eau par le feu, ou autrement, & il est également bon pour le même usage. Voyez, dans le volume de l'Académie des Sciences pour l'année 1756, un mémoire, que j'ai donné, *sur la maniére de suppléer à l'usage de la glace.*

XII. LEÇON.

On peut encore, (mais ceci n'est que de pure curiosité;) par la solution du sel armoniac, parvenir à un refroidissement capable de glacer de l'eau pure. Voici comment il faut procéder à cet effet. Prenez de l'eau la plus fraîche que vous pourrez avoir, du sel armoniac pulvérisé qui soit rafraîchi de même; & placez-vous pour cette opération dans un lieu où il régne le

XII. LEÇON.

moins de chaleur qu'il sera possible: faites un premier mélange selon la dose marquée ci-dessus, & en telle quantité que vous y puissiez faire refroidir dans deux vaisseaux séparés, environ 8 onces d'eau d'une part, & de l'autre 2 onces de sel armoniac en poudre, dont vous ferez ensuite un second mélange; si vous y plongez pendant quelques minutes un petit tube de verre fort mince & rempli d'eau pure, vous le retirerez tout glacé; cela vous réussira de même dans le premier mélange, si la saison vous permet d'avoir de l'eau qui n'ait que 5 à 6 degrés au-dessus du terme de la congélation.

S'il se trouvoit donc quelques couches ou quelques veines de terre, où il y eût une matiére de la nature du sel armoniac, ou du nitre qui a la même propriété, l'eau qui y passeroit, & qui la mettroit en dissolution, ne se géleroit pas, mais elle pourroit faire geler l'eau des environs, dans un tems même où il ne géleroit point ailleurs. C'est ainsi qu'on avoit expliqué certaines merveilles qu'on débitoit touchant la grotte de Besançon; mais M.

de Coſſigny qui l'a examinée depuis avec toute l'attention dont on ſçait qu'il eſt capable, & avec le ſeul déſir de découvrir la vérité, n'y a rien vû d'auſſi extraordinaire qu'on l'avoit dit. L'explication dont on avoit fait les frais ne ſera pas perdue pour cela; on dit qu'il ſe fait ſouvent dans les Indes des congélations qui reſſemblent beaucoup à celles qu'on racontoit de la grotte de Beſançon; peut-être que dans la quantité il s'en trouvera quelqu'une de réelle: en tout cas c'eſt un phénoméne expliqué par avance; car s'il n'eſt pas, il eſt poſſible qu'il ſoit.

SECONDE SECTION.

De l'Eau conſidérée dans l'état de vapeur.

LORSQU'UN vaſe contient de l'eau plus chaude que l'air qui lenvironne, le feu qui s'en exhale emporte avec lui les parties de la ſurface qui ſe trouvent expoſées à ſon choc; ces petites maſſes ainſi détachées s'élévent ou s'étendent, tant par l'impulſion

XII. LEÇON.

qu'elles ont reçues, que par la succion de l'air qui fait l'office d'une éponge: & elles forment cette eſpéce de fumée qu'on nomme *vapeur*, & qui eſt d'autant plus épaiſſe qu'elle eſt reçue dans un air plus froid & plus capable de la condenſer. C'eſt ainſi que nous voyons fumer en hyver, l'eau fraîchement tirée d'un puits; l'été nous n'appercevons pas le même effet; car lorſque la chaleur de l'atmoſphére eſt plus grande que celle du puits, le feu, bien loin de s'exhaler de l'eau, y entre au contraire; & quand il s'en éleveroit quelque vapeur, la chaleur qui régne dans l'air ne feroit que la ſubtiliſer & la dérober à la vûe.

Ce qui prouve bien que le départ des vapeurs eſt cauſé par l'impulſion du feu qui s'exhale, c'eſt qu'elles ſuivent, en partant de la maſſe, la même route que lui. Car on ſçait qu'un corps chaud qui ſe réfroidit dans l'air, tranſmet ſa chaleur de toutes parts; & s'il eſt couvert d'un linge mouillé, la vapeur qu'il fait naître, s'étend auſſi dans toutes ſortes de directions.

La vapeur de l'eau n'eſt point une liqueur: c'eſt un fluide qui a quelques

ques propriétés particuliéres, & très-remarquables. Elle n'eſt pas ſenſiblement plus chaude que l'eau d'où elle ſort, lorſqu'elle paſſe librement dans l'air de l'atmoſphére ; mais quand elle eſt retenue dans un vaiſſeau fermé de toutes parts, elle reçoit, comme l'eau, des degrés de chaleur, dont on n'a point encore oſé eſſayer de trouver les bornes, à cauſe du danger auquel on s'expoſe en faiſant ces ſortes d'expériences. On ſçait déja cependant que l'eau, ou ſa vapeur, miſe à l'epreuve du feu dans la marmite de Papin, devient aſſez chaude, pour fondre l'étain & le plomb, ce qui a fait dire à d'habiles Phyſiciens * que l'eau ſeroit peut-être capable de devenir auſſi ardente que le cuivre ou le fer fondu.

XII. LEÇON.

Mais ce qu'on admire le plus dans la vapeur de l'eau, c'eſt ſa prodigieuſe dilatabilité qui ſurpaſſe incomparablement celle de l'air, & celle de l'eau; car nous avons fait voir précédemment que celle-ci ne ſe dilate que d'$\frac{1}{20}$ depuis le moment où elle ceſſe d'être glace, juſqu'à celui où elle commence à bouillir, & nous avons

* *Boerhaave Elem. Chem. part. II. p. 327. Muſch. Eſſ. de Phyſ. p. 434.*

XII. LEÇON.

prouvé dans la dixiéme Leçon que ; pour augmenter de deux tiers le volume de l'air, il falloit une chaleur capable d'amollir le verre ; mais l'expérience qui suit, prouvera qu'avec une chaleur bien moindre, l'eau réduite en vapeur prend un volume 13000 ou 14000 fois plus grand.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut faire choix d'une boule creuse de verre fort mince, garnie d'un tube, à peu près comme les verres des thermométres ordinaires ; y faire entrer une goutte d'eau, dont le volume par estimation, soit à celui de la boule, à peu près dans le rapport de 1 à 14000, ce qu'on trouve aisément par la comparaison des diamétres. Il faut ensuite chauffer fortement cette boule, en la tournant doucement au-dessus d'un réchaud ardent, pour réduire la goutte d'eau en vapeur, & tremper promptement le bout du tube dans un verre plein d'eau, que l'on aura purgée d'air. *Voyez les Fig.* 4, *&* 5.

XII. LEÇON.

EFFETS.

Quelques inſtans après cette immerſion, l'eau monte précipitamment, & remplit preſqu'entiérement la boule.

EXPLICATIONS.

La goutte d'eau qui ſe dilate par l'action du feu, & qui s'étend en vapeur, chaſſe l'air qui eſt renfermé avec elle dans la boule; mais lorſqu'elle vient à ſe refroidir, & à reprendre ſon premier volume, la place qu'elle n'y occupe plus, devient un vuide, où le poids de l'atmoſphére qui péſe ſur la ſurface du vaſe *G*, *Fig.* 5. fait monter ſubitement autant d'eau, qu'il en eſt ſorti d'air.

Le volume d'eau qui s'éléve ainſi, indique donc celui de l'air qui a été chaſſé, & celui-ci étant connu, montre le volume de la vapeur à qui il a fait place; ſi l'eau qui monte occupe toute la boule, c'eſt une marque que cette boule avoit été remplie par la goutte d'eau réduite en vapeur; & ſi la boule eſt 14000 fois plus groſſe que la goutte d'eau, il eſt évident que la va-

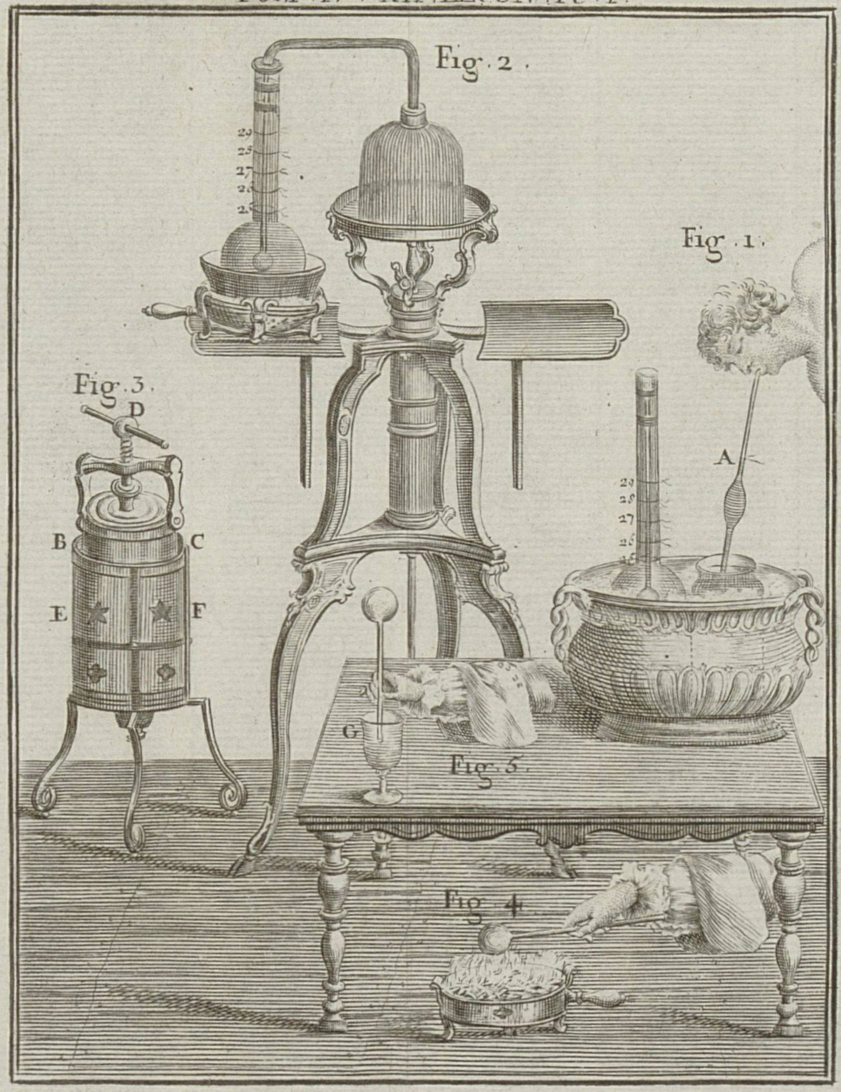
XII. LEÇON. peur a pris un volume qui égaloit 14000 fois celui de la goutte.

Cette expérience ſeroit fort délicate, s'il s'agiſſoit d'avoir exactement le rapport des volumes; mais pour faire connoître que la vapeur de l'eau eſt prodigieuſement dilatable, un à peu près tel que celui-ci eſt plus que ſuffiſant.

Je me ſers d'eau purgée d'air, pour plonger le tube & pour avoir un volume d'eau qui exprime celui de l'air qui eſt ſorti de la boule; ſans cette précaution, dès que l'eau entre dans la boule vuide, elle ſe déſaiſit de ſon air, & ce fluide ſe tenant toujours au-deſſus d'elle à cauſe de ſa légéreté, remplit lui-même une partie de la place, & empêche qu'il n'entre dans la boule autant d'eau qu'il en eſt ſorti d'air, lorſque la vapeur s'eſt dilatée.

APPLICATIONS.

EN parlant de l'air dilaté par l'action du feu, & de l'uſage qu'on peut faire de ce principe, pour emplir des vaiſſeaux dont l'orifice trop étroit ne permettroit pas qu'on ſe ſervît d'en-


Fig . 2 .
Fig . 1 .
Fig . 3 .
D
B
C
E
F
A
29
28
27
26
25
G
Fig . 5 .
Fig 4

tonnoir; j'ai dit qu'on ne pourroit par ce moyen remplir qu'imparfaitement les verres des thermométres, & que dans tous les cas où il faudroit que de pareils vaiſſeaux fuſſent entiérement pleins, on devoit avoir recours à un autre expédient que j'ai promis de faire connoître; c'eſt préciſément celui par lequel j'ai fait ſortir tout l'air de la boule de verre, dans l'expérience précédente; car comme les vapeurs ſont plus dilatables que l'air, ſi l'on fait d'abord entrer quelques gouttes de la liqueur dans le verre, & qu'on les convertiſſe en vapeurs; ſi l'on plonge auſſi-tôt le tube dans l'eſprit-de-vin préparé, le verre du thermométre ſera bien-tôt plein. Car ce n'eſt pas ſeulement la vapeur de l'eau qui ſe dilate ainſi, toutes les autres matiéres ſolides ou liquides ſont capables des mêmes effets, quand on les convertit en vapeurs; ainſi les thermométres qu'on fait avec du mercure, & dont les tubes ſont capillaires, s'empliſſent de la même façon, & ſi l'on vouloit en faire d'huile, on pourroit s'y prendre de même.

Quand la vapeur qu'on dilate n'a

XII. LEÇON.

pas de quoi s'étendre, elle fait effort contre tout ce qui lui résiste, & cet effort peut vaincre des obstacles assez considérables.

VIII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

H, *Fig. 6.* est une petite poire creuse de métal, dans laquelle on met un peu d'eau, & dont l'orifice est fermé avec un petit bouchon de liége qui le remplit bien exactement, mais qui n'y est point poussé à force. Cette petite poire est montée sur un bâtis fort léger, au milieu duquel on a pratiqué une lampe d'esprit-de-vin, & le tout est mobile comme un petit charriot à trois roues; on place cet instrument sur un plan bien droit & uni, & l'on met le feu à la lampe pour échauffer la poire.

EFFETS.

Quelques instans après qu'on a allumé la lampe, le bouchon de la poire saute avec éclat, la vapeur de l'eau sort impétueusement, & toute la machine recule en roulant.

XII. LEÇON.

EXPLICATION.

Le feu qui échauffe la petite poire, fait bouillir le peu d'eau qu'elle contient; & la réduit en vapeur qui se dilate, & qui fait dans tout l'intérieur du vaisseau un effort semblable à celui d'un ressort qui tend à se débander; lorsque cet effort augmente jusqu'à un certain point, il fait sauter le bouchon, la vapeur qui sort brusquement, pousse l'air avec plus de vîtesse qu'il ne peut céder, & se trouvant par-là appuyée comme sur un point fixe qui ne tient point à la machine, elle porte son effort contre le fond de la poire qui lui obéit en reculant, parce qu'elle est portée sur un bâtis qui est mobile. C'est ainsi que se fait le recul des armes à feu; c'est aussi à peu près de même qu'une fusée s'éléve lorsqu'on a mis le feu à la partie inférieure, comme je l'ai expliqué *, en parlant du choc des corps à ressort.

* Tom. I. p. 360. & suiv.

APPLICATIONS.

LORSQU'ON rafraîchit les canons après plusieurs coups tirés, il arrive quelquefois que l'écouvillon qu'on fait

XII. LEÇON.

entrer dans la piéce, pour la mouiller, eſt promptement & vigoureuſement repouſſé : c'eſt que le métal échauffé convertit en vapeur l'eau qu'on y porte, & quand l'écouvillon remplit trop exactement le calibre, cette vapeur dilatée le chaſſe dehors, avec une force ſupérieure à celle des Canonniers qui font ce ſervice.

QUAND un Cuiſinier jette dans la friture, (ſur-tout ſi elle eſt trop chaude,) du poiſſon, ou quelques légumes humides, on entend pétiller pendant quelque tems, & l'huile bouillante ſaute quelquefois aux mains & au viſage de ceux qui s'en tiennent trop près. Ces effets viennent de ce que les matiéres graſſes prennent beaucoup plus de chaleur que l'eau n'en peut ſupporter ſans s'évaporer ; lorſque les parties de celle-ci entrent dans la friture, elles ſont d'abord tranſformées en vapeurs, qui ſe dilatent ſubitement, & qui font jaillir de toutes parts l'huile qui les enveloppe : & comme ces ſortes d'explosions ſe font entre le fond de la poële & l'air qui péſe deſſus, l'une & l'autre en ſont frappées, & retentiſſent avec éclat.

Mais ces accidens (qui pourroient pourtant devenir fâcheux) ne ſont rien, en comparaiſon de ceux auſquels s'expoſe un fondeur en coulant ſa matiére dans un moule qui n'eſt pas bien ſéché : combien de fois n'a-t-on pas vû manquer des entrepriſes conſidérables, & la fonte s'élever, ou ſe répandre comme un torrent de feu, au grand danger des ſpectateurs. Le plus ſouvent ces triſtes effets viennent d'une vapeur humide, dilatée par le métal embraſé, qui créve les formes pour ſe faire jour, & qui chaſſe devant elle tout ce qui s'oppoſe à ſon paſſage.

QUELQUES Auteurs ont déja dit que la force prodigieuſe, que l'on eſt toujours ſurpris de voir dans la poudre à canon, ne vient point tant de l'air qu'elle contient, ou qui ſe trouve logé entre les grains, que de la grande dilatabilité de ſa propre matiére ; & ce ſentiment me paroît très-plauſible : car en effet quand le feu embraſe une charge de poudre, qu'y fait-il autre choſe, quel changement y apporte-t-il, ſinon de convertir en vapeurs du ſoufre & du ſalpêtre, qui ſont en conſiſtance de ſolide ? mais ces va-

XII. LEÇON.

peurs ne ſont pas ſitôt formées, que le même feu qui les a fait naître, continuant ſon action, les dilate autant qu'elles ſont dilatables, ou autant que le peut permettre l'obſtacle qui les retient, par la durée de la réſiſtance; c'eſt donc en général au fluide embraſé qui ſe dilate, que ces prodigieux efforts doivent être attribués; mais l'air n'en fait qu'une partie de ce fluide, & ce n'eſt ni la plus grande ni la plus dilatable; il eſt donc vraiſemblable que le plus grand effort ne vient pas de lui.

CES petites ampoulles de verre qu'on fait créver en les jettant au feu, font beaucoup plus d'éclat, lorſqu'on joint quelques gouttes d'eau à l'air qu'elles renferment; car alors le verre ne pouvant point s'echauffer aſſez pour s'amollir, non-ſeulement il donne le tems à l'air de ſe dilater avec plus de force, comme on l'a dit, en parlant de l'action du feu ſur ce fluide; mais la goutte d'eau ſe mettant en vapeur plus dilatable que l'air même, fait une éruption plus violente. Les œufs de poiſſon qu'on jette ſur des charbons ardens, font des petards naturels à peu près de

cette eſpéce, & qui crévent par la même raiſon ; car c'eſt toujours une matiére renfermée ſous une enveloppe dure & difficile à rompre, qui ſe dilate par l'action du feu.

XII. LEÇON.

Il parut en 1681. un petit ouvrage de M. Papin, alors Profeſſeur de Mathématiques dans l'Univerſité de Marbourg, touchant pluſieurs nouvelles machines qu'il avoit inventées, & parmi leſquelles il propoſoit la conſtruction d'une nouvelle pompe, dont les piſtons ſeroient mis en mouvement par la vapeur de l'eau bouillante, alternativement dilatée & condenſée. Cette maniére d'élever l'eau imaginée & publiée dès-lors, fut propoſée encore depuis, & même exécutée par M. Dalesme qui fit voir en 1705. à l'Académie des Sciences une machine par laquelle il faiſoit jaillir l'eau à une grande hauteur, ſans employer d'autre puiſſance que le reſſort de cette vapeur dilatée par le feu. * Enfin les Anglois uſant de ce principe, & peut-être de l'application qu'on en avoit déja faite, (car M. Papin étoit membre de la Société Royale, & ſon ouvrage étoit public,) en firent une pompe qu'ils em-

* *Hiſtoire de l'Académ. des Sciences*, 1705. *pag.* 137.

XII. LEÇON.

ployerent avec ſuccès dans les travaux publics, & que nous avons nous-mêmes imitée : c'eſt par le moyen de cette admirable machine, qu'on deſſéche les mines de Condé en Flandres : M. Belidor, dans ſon Architecture Hydraulique, fait une ample deſcription de la maniére dont elle eſt conſtruite, de ſes uſages, & de ſes produits ; c'eſt là qu'il la faut étudier pour en connoître toutes les parties & tous les avantages ; je me contenterai de faire voir ici ſeulement une application du principe, dans une machine toute ſimple, & ſans piſtons.

A B, *Fig.* 7. eſt une caiſſe plus longue que large, garnie de plomb par-dedans, & remplie d'eau à peu près juſqu'à moitié : *C D* ſont deux montans élevés ſur la caiſſe pour ſoutenir une auge *E* qui eſt auſſi doublée de plomb. *FG* eſt un petit fourneau de métal dans lequel il y a une lampe d'eſprit-de-vin, & qui porte un bouilloire *HI*, qu'on emplit d'eau environ à moitié, par un trou qui eſt en-haut, & qu'on ferme enſuite avec un bouchon à vis *K*, ſous l'épaulement duquel on enferme des anneaux de papier mouillé. *L M*, eſt un cylindre de verre creux, garni haut

& bas d'un fond de métal qui s'appli- que avec des anneaux de carton inter- posés, pour empêcher toute commu- nication du dedans au dehors, par les bords du verre; celui d'en-bas *M* porte un tuyau ouvert de part & d'au- tre, dont un bout est plongé dans l'eau de la cuvette, & l'autre qui est garni d'une soûpape, répond à la par- tie inférieure du cylindre de verre. Le fond d'en-haut *L* porte un robinet dont la clef percée selon son axe, & selon un de ses rayons, fait commu- niquer le vaisseau cylindrique *L M*, que l'on emplit d'eau seulement pour la premiére fois, tantôt avec le ca- nal *N* qui aboutit à la bouilloire, tan- tôt avec celui qui joint le tuyau mon- tant *O P*.

La lampe étant donc allumée, dès que l'eau vient à bouillir, & que la vapeur est dilatée dans la partie su- périeure de la bouilloire; si, tour- nant la clef du robinet, on la laisse passer dans le vaisseau *L M*, elle s'y étend, & en chasse toute l'eau qui y est, par le tuyau montant *O P*; alors si l'on tourne la clef du robinet, de maniére qu'il y ait communication

entre la boîte cylindrique & le canal Q qui aboutit au tuyau montant, il y tombe quelques gouttes d'eau froide qui condensent la vapeur, c'est-à-dire, qui la réduisent à un si petit volume, que le vaisseau peut être réputé vuide; aussi-tôt le poids de l'atmosphére qui agit par le trou *M* sur l'eau de la caisse, y porte de l'eau, & le remplit, comme nous avons vû qu'il est arrivé à la boule de verre de la septiéme expérience; cette eau est chassée comme la premiére, dès qu'on laisse rentrer la vapeur; & cette vapeur fait encore place à de nouvelle eau, dès qu'on la condense, en retournant la clef pour emprunter quelques gouttes d'eau froide du tuyau montant. Par ces alternatives réitérées, on épuiseroit la caisse, & l'on rempliroit l'auge d'en haut; mais pour faire durer le jeu de la machine plus long-tems, on a pratiqué un tuyau de décharge *RS*, qui raméne l'eau à sa premiére source.

Il y auroit du danger pour ceux qui sont occupés au service de ces sortes de pompes, s'ils se laissoient surprendre par une dilatation trop violente

des vapeurs ; c'est pourquoi l'on y pratique un petit soûpirail *H*, sur lequel on met une soûpape chargée d'un poids qui fait moins de résistance que la bouilloire n'est capable d'en faire ; afin que si la vapeur devient trop forte, elle trouve une issue qui la ralentisse, avant qu'elle puisse faire crever le vaisseau.

On ne peut pas nier que la pompe à feu ne puisse être très-utile, & que son service ne soit fort sûr, puisqu'on en est convaincu par l'expérience même ; mais il en est d'elle comme de toutes les machines, qu'il faut toujours employer dans des circonstances convenables ; car souvent celle qui est bonne dans un cas, est mauvaise dans un autre. Les Anglois ont employé d'abord la pompe à feu dans leurs mines de charbon ; elle a réussi parfaitement, & on en coutinue l'usage : ils l'ont établie à Londres pour distribuer l'eau de la Tamise dans les différens quartiers de la Ville ; ils ont été obligés de l'abandonner : pourquoi cette différence ? C'est que cette machine dépense beaucoup en feu, & qu'elle enfume tous les environs ; ces

XII. LEÇON.

deux inconvénients se souffrent aisément dans les lieux découverts où la fumée se dissipe, & dans des mines de charbon, où le feu ne coûte presque rien à entretenir; mais dans le centre d'une Capitale, cela est tout différent (*a*).

Il y a toute apparence que Papin, qui paroît avoir imaginé le premier de faire servir la vapeur de l'eau comme un nouveau principe de mouvement, a été conduit à cette pensée, par l'usage de son *digesteur* dont j'ai fait mention ci-dessus; car toutes les fois qu'on lâche la vis qui arrête le couvercle, avant que le vaisseau soit suffisamment refroidi, la vapeur le chasse très-brusquement, & sort elle-même avec impétuosité. Mais l'effet de l'Eolipile, si connu long-tems auparavant, auroit dû apprendre plutôt de quelle force est capable une vapeur dilatée, & ce qu'on peut attendre de son effort, si les Physiciens se copiant les uns les autres ne se fus-

(*a*) J'ai appris depuis que cette machine avoit été rétablie : apparemment que les Entrepreneurs sont venus à bout de remédier aux inconvénients qui l'avoient fait abandonner.

sent

ſent fait comme une habitude d'attribuer à la dilatation de l'air ce qui appartient véritablement à celle de la vapeur de l'eau, ou de la liqueur qu'on fait bouillir dans cet inſtrument.

ON appelle *éolipile*, une poire creuſe de métal, dont la queue *T*, eſt un canal fort étroit ; on y fait entrer en la chauffant, comme on l'a dit en pluſieurs endroits ci-deſſus, de l'eau ou quelqu'autre liqueur qui rempliſſe la moitié, ou tout au plus les deux tiers de ſa capacité : on la place enſuite comme une caffetiére ſur des charbons ardens, & l'on pouſſe le feu juſqu'à ce qu'elle ſouffle violemment par le petit canal de ſa queue. *Voyez la Fig.* 8. Enſuite on renverſe l'éolipile, en continant de la chauffer avec le réchaud qu'on incline un peu ; & auſſi-tôt la liqueur en ſort en forme de jet qui monte quelquefois à la hauteur de 25 pieds. Si cette liqueur eſt de l'eau-de-vie, on peut rendre le ſpectacle plus agréable, en préſentant quelques pouces au-deſſus de la naiſſance du jet, un flambeau allumé ; car alors la liqueur s'enflamme & forme un jet de feu, *Fig.* 9.

XII. LEÇON.

Dans tout ceci, où eſt l'action de l'air? Eſt-ce dans ce premier ſouffle qui devient ſi violent lorſque la liqueur commence à bouillir, *Fig.* 8? Pour ſe convaincre que ce n'eſt qu'une vapeur, il n'y a qu'à préſenter un verre plein d'eau, de façon que l'orifice par où elle ſort ſoit un peu plongé, & l'on verra qu'il n'en vient que très-peu, ou point de bulles d'air. Eſt-ce dans la ſortie précipitée du jet, *Fig.* 9. comme ſi c'étoit l'effet de l'air qui ſe dilate dans la partie la plus élevée de l'inſtrument? Mais cet air eſt-il plus chaud alors qu'il n'étoit l'inſtant avant, lorſque la poire étoit droite? N'a-t-il pas pris toute ſa dilatation, avant qu'on renverſe l'inſtrument? Et s'il pouvoit ſe dilater encore, pourroit-on lui attribuer la violente éruption de la liqueur, quand on ſçait que le degré de chaleur qu'il a alors, ne peut augmenter ſon volume que d'un tiers, à commencer même d'un état au-deſſous de celui qu'il a communément dans l'atmoſphére, comme je l'ai prouvé dans la 10e Leçon*? N'eſt-il pas bien plus vraiſemblable, & comme démontré,

* Tome III. p. 250.

que la liqueur eſt chaſſée par ſa propre vapeur, qui occupe la partie la plus élevée du vaiſſeau, parce qu'elle eſt plus légére, & qui la preſſe de ſortir, parce que continuant de s'échauffer & de ſe dilater, elle tend toujours à s'étendre ? je ne crois pas que cette explication puiſſe être conteſtée, après les expériences qu'on a vûes précédemment.

UNE des grandes vertus de l'eau, & que perſonne n'ignore, c'eſt qu'elle ſert à éteindre le feu, pourvû cependant qu'elle ne ſoit pas convertie ſubitement en vapeur : car la vapeur mêlée à l'air eſt un milieu élaſtique, dans lequel les matiéres enflammées peuvent continuer de brûler, à moins qu'étant retenu par des obſtacles, ſon reſſort ne prenne un degré de tenſion trop conſidérable. On voit des preuves de cette reſtriction aux incendies qui naiſſent dans les lieux fermés, comme dans les caves, d'où la fumée, & en général les vapeurs, ne peuvent ſortir librement; le feu, comme on ſçait, s'y étouffe de lui-même, ou n'y fait que des progrès fort lents. Mais quand l'eau qu'on

XII. LEÇON.

jette ſur le feu, eſt en ſuffiſante quantité; qu'elle ne s'évapore pas ſur le champ; en un mot, quand elle ſubſiſte plus long-tems en liqueur, que l'embraſement ne peut durer aux ſurfaces qu'elle touche, elle ne manque guéres de produire l'extinction qu'on en attend. Car on doit conſidérer alors le corps enflammé, & l'eau dont on l'arroſe, comme ne faiſant qu'un. Mais ce liquide n'eſt ſuſceptible en plein air que d'un certain dégré de chaleur, beaucoup inférieur à celui qu'il faut pour brûler les autres corps; aucun mixte enduit d'eau ne peut donc reſter enflammé, parce que l'eau avec laquelle il faudroit qu'il pût s'embraſer, n'eſt point inflammable; il en eſt tout autrement des liqueurs graſſes qui peuvent, avant que de s'évaporer, devenir aſſez chaudes pour brûler le bois, fondre l'étain, &c.

En 1721, il ſe répandit un bruit qu'en Allemagne, il y avoit quelques particuliers qui ſçavoient éteindre les incendies, par le moyen d'une certaine poudre dont ils y jettoient un paquet. Quelle attention ne devoit-on pas donner à un ſecret auſſi important!

des paquets de cette poudre devoient être des provisions qu'on pouvoit avoir & garder par-tout; & qui devoient se porter bien plus aisément que de l'eau aux édifices les plus élevés, &c. mais quelle défiance ne devoit-on point avoir aussi d'une merveille si singuliére, & annoncée de loin! Aussi raisonna-t-on de cette nouvelle bien différemment. Ceux qui ne sçavoient rien des effets de la nature & de l'art, sinon qu'on exagère souvent par de fastueuses promesses les découvertes que fait l'esprit humain en étudiant l'une, & en cultivant l'autre, n'en voulurent rien croire absolument; les autres, qui en sçavoient assez pour douter, suspendirent leur jugement, & se mirent même en devoir de deviner le secret. L'affaire en étoit là en 1722. lorsque deux Allemands vinrent en France, pour y faire des expériences qui devoient constater la réalité de ce qui avoit été annoncé à ce sujet dans les nouvelles publiques. On peut voir par un rapport bien circonstancié qu'en fit M. de Reaumur à l'Académie *, comment & en présence de

* *Mem.*

XII. LEÇON.

de l'Acad. des Scienc. 1722. pag. 143.

qui elles furent faites, & jusqu'à quel point elles réussirent. Il me suffira de dire ici que le secret consistoit, à faire rouler ou glisser au milieu de l'embrasement un tonneau plein d'eau, au centre duquel étoit une boîte de fer blanc qui contenoit quelques livres de poudre à canon. Le feu prenoit à cette poudre par le moyen d'une méche & d'un tuyau, qui traversoit un des fonds de la barique, & qui aboutissoit à la boîte de métal; l'explosion de la poudre faisoit tout crever, jettoit l'eau de toutes parts sur les matiéres enflammées, & faisoit cesser la flamme.

On voit déja par ce récit abrégé, combien il y avoit à rabattre de l'idée trop avantageuse que le bruit public auroit pû faire prendre de cette invention. Ce n'étoit plus un paquet qu'un homme pût jetter avec la main par-tout où le feu auroit pris; c'étoit un tonneau plein qu'il eût été assez difficile de porter à quelque édifice élevé: de l'aveu même de ceux qui avoient intérêt de faire valoir ce mystérieux tonneau, (car il fallut le deviner;) ce moyen n'étoit efficace que

dans les lieux clos & de peu d'étendue; & l'expérience fit voir à tous les spectateurs un peu intelligens, que tout ce qu'on en pouvoit attendre, c'étoit d'appaiser la flamme, & de rendre l'embrasement accessible, ce qui est encore un avantage assez considérable; ainsi quoique cette invention n'ait point un mérite aussi étendu qu'on l'attendoit, ou qu'on l'avoit promis, elle peut être employée avec succès dans plusieurs cas: & d'ailleurs on peut dire qu'elle est fort ingénieuse, puisqu'elle rassemble en elle toutes les maniéres connues d'éteindre le feu; une forte commotion qui divise la flamme, & qui la sépare de son aliment, une raréfaction d'air qui suffiroit seule pour éteindre le feu, si elle duroit assez, & une distribution bien ménagée de l'eau, qui attaque en même-tems une très-grande quantité de surfaces, à peu près comme pourroit faire un arrosoir.

LES éruptions des volcans sont si terribles, les forces qui remuent ainsi les entrailles de la terre sont si fort au-dessus des mouvemens ordinaires dont

XII. LEÇON.
nous connoiſſons l'origine, que ces prodigieux effets nous paroiſſent toujours plus grands que les cauſes phyſiques auſquelles nous les attribuons : cette diſproportion apparente, qui ôte toujours aux conjectures les plus raiſonnables une grande partie de leur vraiſemblance, ne viendroit-elle pas de ce que nous n'enviſageons ces cauſes que par parties, lorſqu'il s'agit d'expliquer un effet que eſt le produit de pluſieurs enſemble ? Les matiéres calcinées & les flammes que vomiſſent ces grands fourneaux, annoncent viſiblement des fermentations & des effervefcences, un embraſement ſouterrain. M. Amontons a prouvé d'ailleurs, que la force élaſtique de l'air dilaté par la chaleur eſt d'autant plus grande, que ce fluide eſt plus comprimé. Dans ces bouleverſemens qui arrivent à certaines parties de notre globe, ne conſidérons donc pas ſeulement une fermentation qui prend feu, & qui fait bouillir, pour ainſi dire, les matiéres ſulfureuſes & ſalines qui ſe ſont mêlées, mais encore des volumes d'air chargés d'une maſſe énorme, & qui tendent à ſe dilater avec d'autant plus



plus de force qu'ils ſont plus retenus. A ces deux premiéres cauſes, joignons-en une troiſiéme qui eſt encore plus puiſſante; c'eſt la dilatation des vapeurs, non-ſeulement des matiéres inflammables, mais encore de l'eau, qui peut ſe rencontrer dans le voiſinage, & qui détermine peut-être par des écoulemens accidentels ces éruptions qui arrivent de tems en tems. Ce n'eſt qu'en conſidérant ainſi le concours de pluſieurs cauſes connues, & en embraſſant même la poſſibilité de pluſieurs autres qui ne le ſont point encore, qu'on peut ôter à ces grands effets l'idée de prodige, par laquelle il s'annoncent depuis ſi long-tems. Voyez ce que j'ai obſervé au Véſuve depuis les premiéres Éditions de ce volume. *Mémoire de l'Académie des Sciences* 1750. *p.* 78.



XII. LEÇON.

III. SECTION.

De l'Eau considérée dans l'état de Glace.

LOrsque l'eau ne contient pas une quantité suffisante de cette matiére qu'on appelle *feu*, & qui est, comme nous l'avons dit, la cause générale de la fluidité des corps, ses parties se touchant de trop près, perdent leur mobilité respective, s'attachent les unes aux autres, & forment un corps solide, transparent, qu'on nomme *glace*; & ce passage d'un état à l'autre, s'appelle *congélation*. La glace par conséquent est plus froide que l'eau, & son froid augmente de plus en plus, si elle continue de perdre cette matiére déja trop rare ou trop peu active pour la rendre liquide.

Les bornes que je me suis prescrites dans cet ouvrage, & la loi que je me suis faite d'y faire entrer par préference tout ce qui regarde la partie expérimentale, ne me permettent pas d'entrer dans un plus long

détail, sur les causes physiques de la congélation & sur leurs différents progrès ; je m'en dispense avec d'autant moins de regret, que le lecteur y pourra suppléer amplement, en jettant les yeux sur une excellentre dissertation que M. de Mairan a donnée sur cette matiére *; tout ce que je pourrois entreprendre de mieux, ce seroit de l'extraire; mais elle n'en est pas susceptible, parce qu'en disant tout, elle ne contient rien de trop. Je m'en tiendrai donc aux phénoménes les plus importans, & aux causes les plus prochaines, qui peuvent se prouver par des faits.

XII. LEÇON.

* *Dissertation sur la glace, ou explic. phys. &c. réimprimée avec beaucoup d'augmentations en 1749.*

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut exposer à l'air, lorsqu'il géle, plusieurs petits vases cylindriques de verre mince pleins d'eau pure, *Fig.* 10. & observer attentivement ce qui s'y passe.

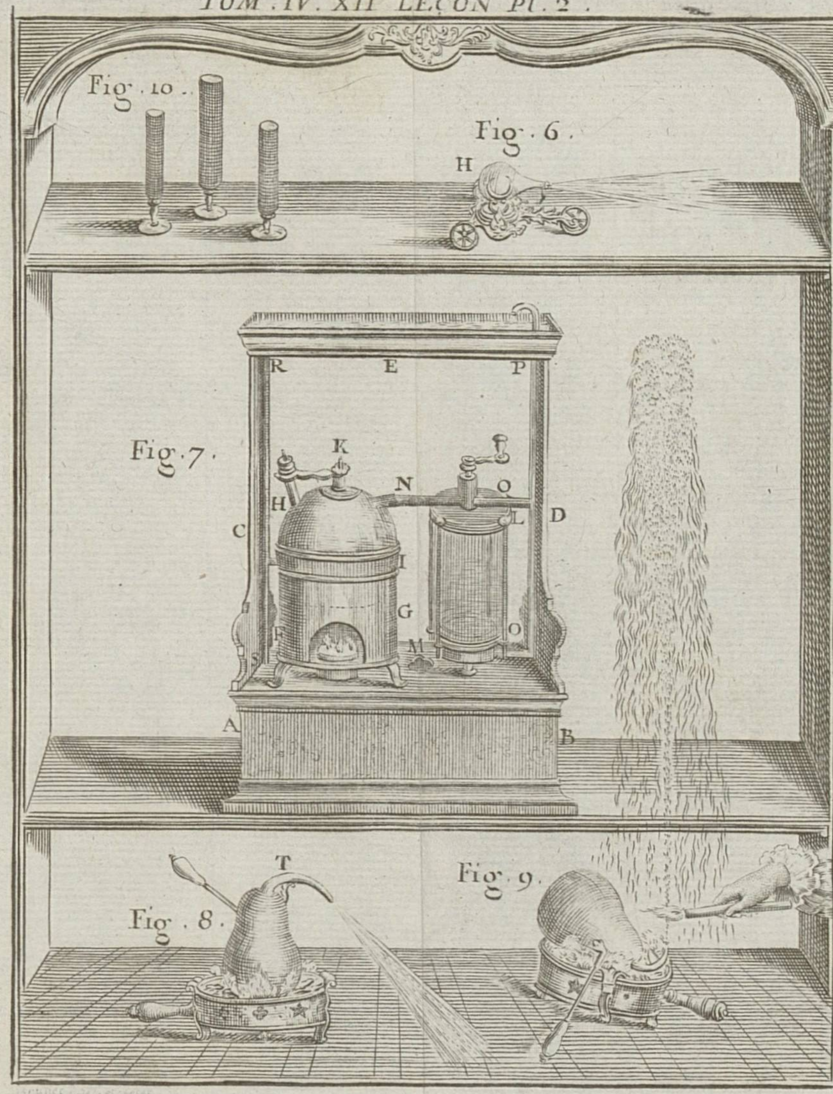
EFFETS.

S'il ne géle que foiblement, on remarque d'abord une pellicule de glace

XII. LEÇON.

très-mince, qui se forme à la surface d'en-haut qui touche immédiatement l'air : ensuite il part des parois du petit vase, des filets qui prennent différentes directions; & peu à peu il se forme d'autres filets qui joignent & qui coupent les premiers, faisant avec eux toutes sortes d'angles : enfin ces filets se multiplient & s'élargissent en forme de lames, qui augmentant elles-mêmes en nombre & en épaisseur, s'unissent toutes en un même corps. Ce cylindre de glace paroît assez plein & transparent, depuis sa surface extérieure, jusqu'à une certaine distance en-dedans; mais dans l'axe, & aux environs, il est interrompu par une grande quantité de bulles d'air; & la surface d'en-haut qui s'étoit d'abord formée plane, se trouve élevée en bosse, & toute raboteuse.

Si la gelée est plus âpre, à peine a-t-on le tems d'observer ces filets & ces lames; tout se passe plus confusément : les bulles d'air interrompent indifféremment toute la masse, & la rendent opaque : la superficie d'en-haut, est fort inégale & convexe, & le verre se casse assez ordinairement,


Fig. 10.
Fig. 6.
H
Fig. 7.
R
E
P
K
N
Q
H
L
D
C
I
G
O
M
S
A
B
T
Fig. 9.
Fig. 8.

Si l'on trempe pendant un inſtant le vaſe dans l'eau chaude, pour détacher & en ôter le cylindre de glace; cette glace jettée dans un vaſe plein d'eau froide y ſurnage toujours, ce qui marque inconteſtablement qu'elle eſt plus légére que l'eau.

Quand on veut faire cette expérience dans une autre ſaiſon que l'hyver, on peut faire un froid artificiel, en mêlant du ſel commun avec de la glace pilée dans un vaiſſeau, où l'on puiſſe plonger des tubes de verre mince remplis d'eau: on verra ci-après comment on peut régler les degrés de ce froid artificiel.

EXPLICATIONS.

Lorſqu'il géle dans l'air, la matiére du feu y eſt plus rare, ou moins en mouvement, que dans l'eau qui eſt encore liquide. Le petit vaſe cylindrique étant donc expoſé à la gelée, le feu qui eſt dans l'eau s'évapore, & paſſe dans l'air qui l'environne, juſqu'à ce que ce fluide actif ſe trouve uniformément répandu dans l'un & dans l'autre, à peu près comme l'humidité d'un linge mouillé s'exhale

XII. LEÇON.

dans l'air qui le touche de toutes parts, jusqu'à ce que l'un & l'autre soient également secs; l'eau perd donc de son feu à proportion de ce qu'il en manque dans l'air environnant : or en hyver, quand il géle, il y a dans l'atmosphére une grande disette de feu ; ou (ce qui revient au même,) le mouvement de ce fluide est fort rallenti : ce qu'il en reste dans l'eau en pareil cas ne suffit plus pour entretenir la mobilité de ses parties ; elles retombent donc les unes sur les autres, & s'arrangent de diverses façons, selon que la matiére qui les désunissoit s'évapore plus ou moins promptement, & de tel ou tel côté, plutôt que d'un autre.

Mais à mesure que les parties de l'eau s'approchent les unes des autres, leurs pores se rétrécissent, & l'air qui s'y trouvoit logé, & qui ne peut plus tenir dans ces interstices, dont la capacité diminue de plus en plus, se réunit en globules sensibles, & demeure enfermé dans la masse qui est déja devenue solide. Outre ces globules d'air qu'on apperçoit à la vûe simple, si l'on examine la glace avec

une loupe de verre, on en distingue encore une infinité d'autres beaucoup plus petites & plus près les unes des autres.

XII. LEÇON.

Cet air, tant qu'il n'a occupé que les pores de l'eau, c'est-à-dire, des places vuides ou comme telles, n'en augmentoit point le volume; mais sitôt qu'il se met en globules sensibles, il interrompt la continuité de la masse, & la rend plus grande. Voilà pourquoi la surface supérieure se tuméfie, & devient convexe; & c'est pour cette raison aussi que le verre se casse, se trouvant trop étroit pour contenir l'eau convertie en glace.

L'augmentation de volume donne à la glace cette légéreté qui la fait surnager; car un corps est plus léger qu'un autre, lorsqu'à quantité égale de matiére, son volume est plus grand; ou (ce qui est la même chose,) lorsqu'à volume égal, il contient moins de matiere: or le cylindre de glace est plus grand que l'eau dont il est formé, puisqu'il casse le verre, ne pouvant se contenir dans les mêmes dimensions: l'eau qui se géle devient donc plus légére, parce qu'elle augmente en volume.

XII. LEÇON.

Cependant ce feroit prendre une fauffe idée de la glace, que de la regarder comme une eau dilatée, comme ont fait Galilée, & quelques autres Auteurs. MM. Hughens, Homberg, de Mairan, Mariotte, & prefque tous les Phyficiens modernes qui ont étudié l'eau dans cet état, ont toujours cru qu'elle étoit condenfée, & n'ont attribué l'augmentation de fon volume qu'à l'air extravafé qui entrecoupe la maffe, & qui y forme comme des vuides, à peu près de la même maniére qu'une pierre de meuliére peut être plus légére qu'une pierre de liais de grandeur égale; non pas qu'en ce qu'elle a de plein, elle ne foit plus compacte, plus ferrée, plus dure que celle-ci, mais parce qu'elle eft interrompue par une infinité de cavités, qui contribuent à fon volume fans augmenter fon poids.

Tout ce qu'on pourroit défirer, pour appuyer cette explication, c'eft qu'en faifant de la glace avec de l'eau purgée d'air, elle fe trouvât alors auffi pefante que l'eau même: il paroît que M. Homberg en eft venu à bout, par un procédé qui dura deux

ans *. J'ai tenté plusieurs fois de répéter cette expérience en moins de temps, ne voyant point de nécessité de la faire tant durer : j'avoue que je n'ai jamais pû obtenir le même résultat ; aussi n'ai-je jamais pû faire de glace qui ne contînt des bulles d'air, quelque soin que j'eusse pris d'en purger l'eau, en employant tous les moyens connus & toutes les précautions que j'ai pû imaginer : mais j'ai fait plusieurs fois de la glace sensiblement plus pesante qu'elle n'a coutume de l'être, & cela doit suffire à quiconque n'a point un penchant déterminé pour un autre systême.

* Mém. de l'Acad. des Scien. 1699. tom. X. p. 255.

Ce qui a fixé l'attention des Physiciens sur l'augmentation du volume de l'eau qui devient glace, c'est que ce phénoméne est une exception à la loi générale; car presque toutes les matiéres qui perdent leur fluidité pour devenir solides, au lieu d'augmenter, diminuent de grandeur ; & la cause de cet effet se présente d'ellemême : un corps n'est fluide que par le mélange d'une matiére étrangère qui écarte ses parties, & qui les aide à rouler les unes sur les autres, com-

XII. LEÇON.

me nous l'avons dit en parlant des causes de la fluidité *. Tant que cet état dure, le volume doit être plus grand ; mais si-tôt que cette matiére étrangère vient à sortir, les parties doivent se rapprocher, & le tout doit devenir plus petit, plus serré, & spécifiquement plus pésant. La légéreté de la glace est donc une chose remarquable, & qui mérite d'être expliquée.

* Tom. 2. p. 442. & suiv.

Cette exception n'est point la seule dans la nature. M. de Reaumur a déja remarqué, que le fer fondu, dans l'instant qu'il perd sa liquidité, augmente en volume ; & (ce qui en est une conséquence naturelle,) que les ouvrages coulés de cette matiére, viennent ordinairement fort bien, parce qu'au lieu de s'écarter du moule comme les autres métaux, elle s'en approche au contraire en prenant la consistance de solide. Il attribue, avec beaucoup de vraisemblance, cette propriété du fer à un arrangement imparfait de ses parties, au moment qu'elles sont fixées par un refroidissement subit : comme il faut une extrême chaleur pour faire couler ce

métal, & que le moindre froid lui fait perdre sa liquidité, ses parties hérissées les unes contre les autres, ne sont déja plus en état de couler, quoiqu'elles ayent encore assez de flexibilité, pour s'affaisser peu à peu à mesure que le feu s'évapore, & que le mouvement se rallentit.

XII. LEÇON.

Sans abandonner l'explication que nous avons donnée ci-dessus, ne pourroit-on pas soupçonner quelque chose de semblable dans l'eau qui se glace? Ce qui me porteroit à cette conjecture qui s'est déja présentée à l'esprit de plusieurs Sçavans*, c'est que la congélation de l'eau comme celle du fer, est très-subite, & que l'augmentation de son volume est d'autant plus grande, que la glace se fait par un froid plus âpre. Si l'on demande pourquoi les autres matiéres, qui suivent la loi générale, diminuent de grandeur en devenant des corps solides, on peut répondre, qu'elles perdent plus lentement leur fluidité; que leurs parties ont le tems de s'arranger en s'approchant les unes des autres; qu'elles contiennent moins d'air, ou que celui qu'elles contiennent, ne se raf-

* *M. de la Hire, Mém. de l'Acad. des Scienc. avant 1700. tom. IX. p. 477.*
M. de Mairan, Dissert. sur la glace, p. 606.

XII. LEÇON.

femble point en bulles capables d'interrompre la continuité de la maffe.

M. Mufchenbroek qui a beaucoup travaillé fur la matiére que nous traitons préfentement, prétend que le froid & la gelée, font deux chofes tout-à-fait différentes; que l'un n'eft qu'une fimple privation du feu, au lieu que l'autre eft l'effet d'une matiére faline répandue dans l'air, & qui venant à pénétrer l'eau, la coagule, & lie les parties de maniére qu'elles ne peuvent plus couler: « Ainfi, dit-il, l'eau » qui fe géle augmente en volume, » parce qu'elle eft raréfiée par la pé- » nétration de ces petits corps étran- » gers; & elle fe diffipe & s'évapore » facilement, parce que cette caufe » interne fait continuellement effort, » pour écarter les parties de la maf- » fe ». Il faut voir dans les ouvrages mêmes * de M. Mufchenbroek, fur quelles preuves il appuie fon fyftême; je ne puis les rapporter ici dans toute leur étendue, & je craindrois de les affoiblir, fi je n'en donnois qu'un extrait.

* *Comment. in tentam. Exp. Acad. del Cimento, p. 183. & seq.*

Je foufcrirois volontiers à cette opinion, s'il ne falloit, pour me dé-

terminer, que l'autorité d'un habile Maître; mais j'ai pris pour régle de ne me rendre qu'à l'évidence, ou au plus vraisemblable, & je ne puis dissimuler que je n'ai trouvé ni l'un ni l'autre dans les raisons sur lesquelles se fonde M. Muschenbroek. Qu'il y ait dans l'air des parties nitreuses, & qu'il y en ait plus en hyver qu'en toute autre saison, c'est une pensée qui est venue à presque tous ceux qui ont raisonné sur la nature & sur les causes du froid. Mais s'ils ont soupçonné que ces matiéres salines pouvoient causer le refroidissement de l'atmosphére, je ne vois pas qu'aucun d'eux, excepté M. de la Hire *, ait jugé nécessaire de les faire passer dans l'eau pour la glacer: contens d'entrevoir de quelle maniére l'air pouvoit se refroidir, ils ont cru qu'étant devenu froid, cet élément étoit bien capable en cet état d'ôter à l'eau le degré de chaleur qu'il lui faut pour couler: en usant ainsi avec retenue d'une cause dont l'existence est douteuse, ils ont prévenu plusieurs difficultés, auxquelles on s'engage à répondre, lorsqu'on embrasse, comme M. Muschenbroek,

* *Mém. de l'Académie des Sciences, avant. 169. tom. IX. p. 476.*

XII. LEÇON.

l'opinion de M. de la Hire. L'expérience nous apprend, comme on le verra bien-tôt, que les matiéres salines, quoiqu'elles ayent la propriété de refroidir l'eau, la rendent cependant plus difficile à se glacer. Si l'on suppose donc que les parties *frigorifiques* ou *glaçantes* sont salines, il faut encore supposer que ce sont des sels d'une nature toute particuliére, & tels qu'on ne les puisse comparer à aucun de ceux qui son connus; ainsi ce ne sera plus ce *nitre aërien* que plusieurs sçavans ont admis, & qui voltige, dit-on, plus abondamment audessus des terreins qui en contiennent davantage; car le salpêtre, & tous les sels fossiles que nous connoissons, étant mêlés avec l'eau, ne font que retarder sa congélation, au lieu de la coaguler.

Dans les plus grandes chaleurs de l'été, on fait de la glace qui ressemble parfaitement à celle que la gelée fait en hyver. Y a-t-il donc alors des parties frigorifiques en l'air? ou bien si elles sont dans le mélange de sel & de glace dont on se sert pour opérer ces congélations artificielles, pour-

quoi ce mélange même se fond-il en devenant plus froid ?

Si ce sont ces parties salines qui augmentent le volume de la glace, en dilatant l'eau qu'elles pénétrent, pourquoi font-elles un effet tout contraire sur les vaisseaux de verre ou de métal, par lesquels elles sont obligées de passer ? car on sçait que la gelée condense les matiéres les plus dures : il seroit bien singulier qu'il n'y eût que l'eau dont elles fussent capables d'écarter les parties.

Comment se peut-il faire encore que cette matiére étrangére, à qui l'on attribue la propriété de lier les parties de l'eau entr'elles, & qui, pour me servir des termes de M. Muschenbroek, ou de son Traducteur, * fait à leur égard l'office de *colle* ; comment, dis-je, cette matiére peut-elle être en même tems la cause de la prompte évaporation de la glace ? comment peut-elle fixer un fluide, dont elle tend à dissiper les parties ?

* *Essais de Phys.* pag. 443.

Enfin ces parties frigorifiques qui sont d'une nature saline, comment ne font-elles pas perdre à l'eau son insipidité naturelle ? On ne peut pas di-

XII. LEÇON.

re qu'elles y ſoient en trop petite quantité; puiſque la glace eſt communément d'un $\frac{1}{19}$ *, & ſelon Boyle, d'un $\frac{1}{16}$ plus grande que le volume d'eau, dont elle eſt formée, il faut non-ſeulement que cette matiére étrangére en occupe les pores, mais encore une eſpace aſſez conſidérable dans la maſſe; eſt-ce donc un ſel inſipide? autant vaudroit dire un ſel qui n'en eſt point un; & alors ſous quelle idée ſe préſentera-t-il, pour avoir la propriété de s'inſinuer, d'entamer, d'écarter les parties de l'eau, & de ſe loger dans ſa maſſe?

* *M. de Mairan, Diſſert. ſur la glace, p. 617.*

Dans les expériences de l'Académie *del Cimento*, on en trouve une qui eſt très-favorable à l'opinion que je viens de combattre. La liqueur du thermométre à paru baiſſer au foyer d'un miroir ardent, expoſé vis-à-vis d'un tas de glace, péſant 500 livres. « Il y a donc des rayons » de froid poſitifs, & capables d'ê» tre réfléchis; la congélation de l'eau » ne vient donc pas d'une ſimple pri» vation ou diminution de chaleur. » Voilà l'argument qu'en ont tiré ceux qui ont adopté, & qui ont voulu

faire

faire valoir le ſentiment de MM. de la Hire & Muſchenbroek; mais pourquoi ces deux Auteurs ont-ils manqué à citer cette expérience, comme une preuve de leur ſyſtême, le dernier ſur-tout, qui a traduit & commenté l'ouvrage où elle ſe trouve écrite? En voici, je penſe, la raiſon; c'eſt qu'au même endroit du texte *, où il en eſt fait mention, on lit que le réſultat en a paru douteux, & qu'elle n'a point été faite avec aſſez de précaution & de ſoin pour mériter qu'on y ajoute foi: *Non enim ea omnia fecimus quæ neceſſaria forent, ad hoc experimentum ita confirmandum, ut fides eidem haberi poſſit.*

XII. LEÇON.

* *Expérim. IX. circa glaciem naturalem.*

Une autre raiſon de cette omiſſion qu'on peut bien préſumer encore, & qui eſt plus forte que la premiére, c'eſt qu'un Phyſicien auſſi zélé & auſſi laborieux que l'étoit feu M. Muſchenbroek, n'aura pas manqué de répéter cette expérience, qui doit paroître très-curieuſe & importante; & s'il en a pris la peine, comme il eſt vraiſemblable, il aura été convaincu par le fait même, comme je l'ai été pluſieurs fois, pendant les hyvers de 1740 & 1742, que le

XII. LEÇON.

miroir concave, ne fait en pareil cas que ce que pourroit faire tout autre obstacle, de quelque figure qu'il fût, c'est-à-dire, arrêter entre la glace & lui une masse d'air qui se refroidit simplement par communication, si elle n'est point d'abord aussi froide que la glace. Ainsi ou la liqueur du thermométre placé entre le miroir & la glace ne baisse point; ou si elle baisse, cet effet arrive indifféremment, lorsque l'instrument est par-tout ailleurs qu'au foyer.

APPLICATIONS.

UN des plus communs effets de la gelée, est de faire casser les vaisseaux qui se trouvent remplis d'eau : s'ils ne sont pas bouchés, & que leur ouverture soit un peu grande, la glace commence par la superficie qui touche l'air extérieur ; l'eau qui est sous cette premiére couche se trouve alors renfermée de toutes parts, & en devenant glace, elle ne peut plus s'étendre qu'en écartant les parois, ou en les rompant, s'ils ne sont point d'une matiére assez extensible : ainsi les vases de verre, de fayance, & même de

fer fondu, soutiennent rarement cette épreuve, & c'est une sage précaution que de les tenir vuides pendant la gelée.

XII. Leçon.

Cet effort de l'eau qui se géle est prodigieux ; on voit par une expérience de M. Hughens, qui a été répétée depuis par plusieurs personnes, qu'il est capable de faire crever un canon de mousquet. Boyle ayant fait geler de l'eau dans un vaisseau cylindrique de cuivre qui avoit environ 3 pouces de diamétre, trouva que ce petit volume en se glaçant, soulevoit un poids de 74 livres. Mais avant lui les Académiciens de Florence avoient déja éprouvé par des procédés plus ingénieux, de quelle épaisseur devoit être un vaisseau cylindrique de cuivre, pour résister à la force expansive de la glace; & M. Muschenbroek, qui a sçavamment commenté leurs expériences, jugeant de la valeur de cet effort, par la résistance du métal, estime qu'il équivaut à un poids de 27720 livres; ce qui est presqu'incroyable.

Il ne faut donc plus s'étonner de voir que la gelée souléve le pavé des

XII. LEÇON.

rues, qu'elle faſſe fendre les pierres & les arbres, qu'elle creve les tuyaux des fontaines, quand on n'a point la précaution de les tenir vuides, &c. Car par-tout où l'eau ſe trouve, dès qu'elle devient glace, elle fait effort pour s'étendre, & les plus grands obſtacles ne ſont pas capables de l'en empêcher. Mais il faut obſerver, que laplûpart des ces effets n'arrivent point par une gelée qui a été précédée d'un tems ſec, mais plutôt après un faux dégel, ou bien après une longue ou abondante humidité ; car ce n'eſt que dans ces derniéres circonſtances que les corps les plus poreux ſe trouvent pénétrés d'eau. On peut remarquer encore que le marbre, les cailloux, le verre, & généralement tout ce qui ne devient point intérieurement humide, ne ſe fend point à la gelée, comme la pierre tendre où les parties de l'eau s'inſinuent aiſément, & deviennent, en ſe glaçant, comme autant de petits balons qui s'enflent, & ſoulévent les feuillets ou les couches qui les couvrent.

M. Homberg cherchant la cauſe de cette force énorme avec laquelle l'ea

s'étend en devenant glace, crut la trouver dans le nouvel état de l'air qui se rassemble par bulles dans la masse ; ce sçavant Physicien fait à cet égard une remarque très-judicieuse : » Les particules d'air, dit-il, qui sont » logées dans les pores de l'eau, y » sont pressées & retenues avec plus » de force, étant ainsi divisées, qu'el- » les ne le sont après leur réunion ; » car comme elles présentent beau- » coup plus de surface au liquide am- » biant, la somme de toutes les pres- » sions qu'elles ont à soutenir sépa- » rément, surpasse aussi de beau- » coup le poids dont est chargée une » bulle d'air composée de toutes ces » particules réunies ». D'où il conclut que l'air, dont l'eau se désaisit en se glaçant, & qui demeure renfermé dans la masse, exerce plus librement son ressort; qu'il doit par conséquent s'étendre, & augmenter, avec toute la force qui lui est rendue, le volume dont il fait partie.

Le raisonnement de M. Homberg, fondé sur les loix de l'Hydrostatique, & sur la connoissance que nous avons des propriétés de l'air, conclut assez

XII. LEÇON.

bien que ce fluide, à mesure qu'il se dégage des pores de l'eau, en doit étendre le volume par son ressort devenu plus libre: mais que cette nouvelle force, dont il commence à jouir alors, soit capable de vaincre des obstacles tels que ceux dont j'ai fait mention, voilà ce que j'ai peine à comprendre; car lorsque la glace est formée, le ressort de l'air qu'elle renferme est-il entiérement détendu, ou ne l'est-il pas? les uns prétendent que oui, les autres soutiennent le contraire; & opposant expérience à expérience, ceux-ci assûrent, (& il m'a semblé voir la même chose,) que si l'on perce la glace pour donner jour aux bulles d'air, ce fluide marque en s'échappant avec précipitation, que son ressort y étoit contraint; mais le degré de vîtesse avec lequel il sort, ne répond point aux effets que produit l'eau qui se géle, par son expansion. D'un autre côté, si l'air qu'on voit dans la glace est revenu à la même densité que celui de l'atmosphére, que peut-on donc attribuer au ressort qu'il a acquis en se rassemblanr en bulles? C'est tout au plus d'avoir contribué

à une augmentation de volume qui n'excéde pas la dix-neuviéme partie du tout. Je dis d'avoir contribué ; car le volume de l'eau qui se géle doit augmenter par la seule raison, que l'air se rassemble en bulles, comme nous l'avons dit dans les explications précédentes.

Pour dire ce que j'en pense; je ne rejette point cette cause; elle pourroit bien avoir quelque part à l'augmentation du volume de la glace: mais je ne crois pas que ce soit là la principale; & voici comment je croirois pouvoir rendre raison de la force presque invincible avec laquelle se fait cette expansion.

L'air rassemblé en bulles est incontestablement la cause immédiate de l'augmentation du volume, puisque sans l'interruption qu'il cause dans la masse, l'eau se contiendroit dans un moindre espace; & les choses doivent être ainsi, quand même cet air ne feroit aucun effort pour s'étendre. Mais il se rassemble d'autant plus d'air en bulles, qu'il en sort davantage des pores où il est naturellement logé: l'expansion du volume vient donc

XII. LEÇON.

originairement de la cause, (telle qu'elle puisse être,) qui rétrécit les pores de l'eau, & qui la condense: or celle qui condense l'eau, & qui la rend un corps dur, est sans doute la même qui durcit les autres matiéres, lorsqu'une cause interne cesse d'entretenir leur fluidité; & nous sçavons par milles exemples familiers avec quelle puissance elle agit: comme la condensation de l'eau est plus forte & plus prompte, quand le froid est plus âpre, en pareil cas la glace doit être plus remplie de bulles d'air, avoir un plus grand volume, & être capable d'un plus grand effort, ce qui s'accorde parfaitement avec l'expérience.

QUAND les riviéres ou les étangs se gélent, la glace commence toujours, par la superficie de l'eau, quoi qu'en dise un Auteur célébre, qui a été trompé, sans doute, par le témoignage unanime des bateliers, des meûniers, & généralement de tous les ouvriers qui travaillent sur les eaux courantes. Ces sortes de gens soutiennent opiniâtrément que la glace se forme d'abord au fond de l'eau, & qu'elle surnage ensuite. L'unanimité d'erreur

d'erreur, parmi des gens qui ſont à portée de voir les mêmes choſes, m'a fait ſoupçonner, que quelque fait mal interprété y donnoit occaſion ; & véritablement en examinant la choſe de près, j'ai vû ce qui peut faire prendre le change à des gens ſans principes, & qui s'en tiennent aux premiéres apparences. Quand une riviére eſt priſe par la gelée, ſi l'on en coupe un glaçon à quelque diſtance du bord, & qu'on l'enléve, un inſtant après on voit paroître à l'embouchure du trou une maſſe de glace imparfaite, comme ſpongieuſe, remplie de terre ou d'autres ſaletés, & que les gens de riviére appellent *Bouzin* ; on ſeroit tenté de croire qu'elle s'éléve du fond, ſi l'on ne ſçavoit pas que le froid qui fait glacer vient de l'atmoſphére, & que cette cauſe ne peut avoir ſon effet au fond de l'eau, ſans avoir fait geler auparavant toute celle qui eſt au-deſſus. Mais quand même on ignoreroit ce principe, il ſuffit de ſonder le fond, où l'on ne trouve jamais de glace, & où la terre eſt le plus ſouvent d'une autre couleur que celle dont le bouzin eſt rempli ; d'ailleurs

XII. LEÇON.

cette ſaleté qui en impoſe, ne ſe trouve pas dans les glaçons qui ont 5 à 6 pouces d'épaiſſeur, comme elle devroit y être cependant, s'ils venoient du fond.

Pour ſçavoir la vraie origine de cette ſorte de glace, il faut obſerver que la gelée fait prendre les eaux courantes tout autrement que celles qu'on nomme dormantes; & que la glace des unes différe beaucoup de celle des autres par ſa dureté, ſa couleur, ſa tranſparence: quand le froid agit ſur une eau tranquille, il ſe communique uniformément d'une couche à l'autre; les parties ſe lient également, & l'air qui s'en échappe, gagnant toujours le deſſous, en interrompt moins la continuité; ainſi cette glace eſt communément la plus dure, la plus unie, la plus claire, & d'une couleur plus ſemblable à celle de l'eau. Il n'en eſt pas de même des glaçons qu'on voit flotter ſur les riviéres, lorſqu'elles charient: ils ſont plus opaques, d'une couleur blanchâtre; ils ont moins de conſiſtance; le deſſous & les bords ſont chargés d'une épaiſſeur aſſez conſidérable de bouzin,

C'eſt une erreur de croire que ces glaçons flottans ſoient détachés des bords, ou par la chaleur du ſoleil, ou par les ſoins de quelques meûniers qui rompent en certains endroits la glace qui les incommode ; car la riviére charie la nuit comme le jour ; & la grande quantité de glaçons dont elle eſt continuellement couverte, ne peut point être regardée comme l'ouvrage d'un petit nombre de particuliers. Mais voici ce qui arrive.

Quand la gelée eſt aſſez forte, non-ſeulement l'eau ſe glace aux bords & dans les anſes où elle n'eſt point agitée par le courant, mais auſſi dans les endroits où ſes parties n'ont aucune vîteſſe reſpective, c'eſt-à-dire, où elles n'ont qu'un mouvement commun, qui ne les déplace point les unes à l'égard des autres ; ce ſont ces endroits qu'on nomme *miroirs*, qu'on voit communément aux grandes riviéres, où l'eau ſemble être dormante, parce qu'on n'y apperçoit point de flots. Lors donc que la ſuperficie d'un de ces miroirs eſt priſe, il en réſulte un glaçon iſolé, qui ſuivant le courant, donne lieu à un autre de ſe former après lui

XII. LEÇON.

dans la même place. Mais comme ces glaçons ſont d'abord très-minces, il n'y en a qu'une partie qui ſe conſervent entiers, ou dont les fragmens reſtent d'une certaine grandeur : les autres ſont briſés & comme broyés par mille accidens ; de ſorte que la riviére eſt couverte en partie de grands glaçons qu'elle charie gravement, & en partie de ces petits fragmens, qui flottent au gré de l'eau, que le moindre obſtacle arrête, ou qui ſont pouſſés ſous la glace qui tient au rivage. De-là il arrive deux choſes.

1ment. Comme les grands morceaux de glace conſervent plus de vîteſſe que les petits, ceux-ci continuellement expoſés à la rencontre des premiers s'amaſſent à leurs bords, & y forment comme une croûte qui s'éléve au-deſſus du plan ; ou bien paſſant deſſous, & s'y arrêtant par le frottement, ils y ſont fixés par la gelée, & ils augmentent l'épaiſſeur du grand glaçon. De-là vient que ces glaces flottantes ſont d'une couleur blanchâtre & opaque, & qu'elles ſont moins dures que celles des eaux dormantes, parce qu'elles ſont faites,

pour la plus grande partie, de toutes ces piéces mal jointes, & qui renferment entr'elles, ou beaucoup d'air, ou d'autres matiéres qui s'y sont mêlées pendant qu'elles flottoient.

XII. LEÇON.

2ment. Quand ces petits fragmens sont chassés sous la glace qui tient au rivage, ils ne s'attachent ensemble que fort inparfaitement, parce que le dégré de froid qui y régne, est à peine capable de geler. De-là vient ce bouzin dont nous avons parlé ci-dessus qui n'est qu'une glace spongieuse, qui a peu de consistance, & qu'on trouve toujours sale, parce qu'en obéissant au fil de l'eau sous la grande glace, elle a souvent touché le fond, & s'est chargée de sable, d'herbes, & généralement de tout ce qui a pû s'y attacher.

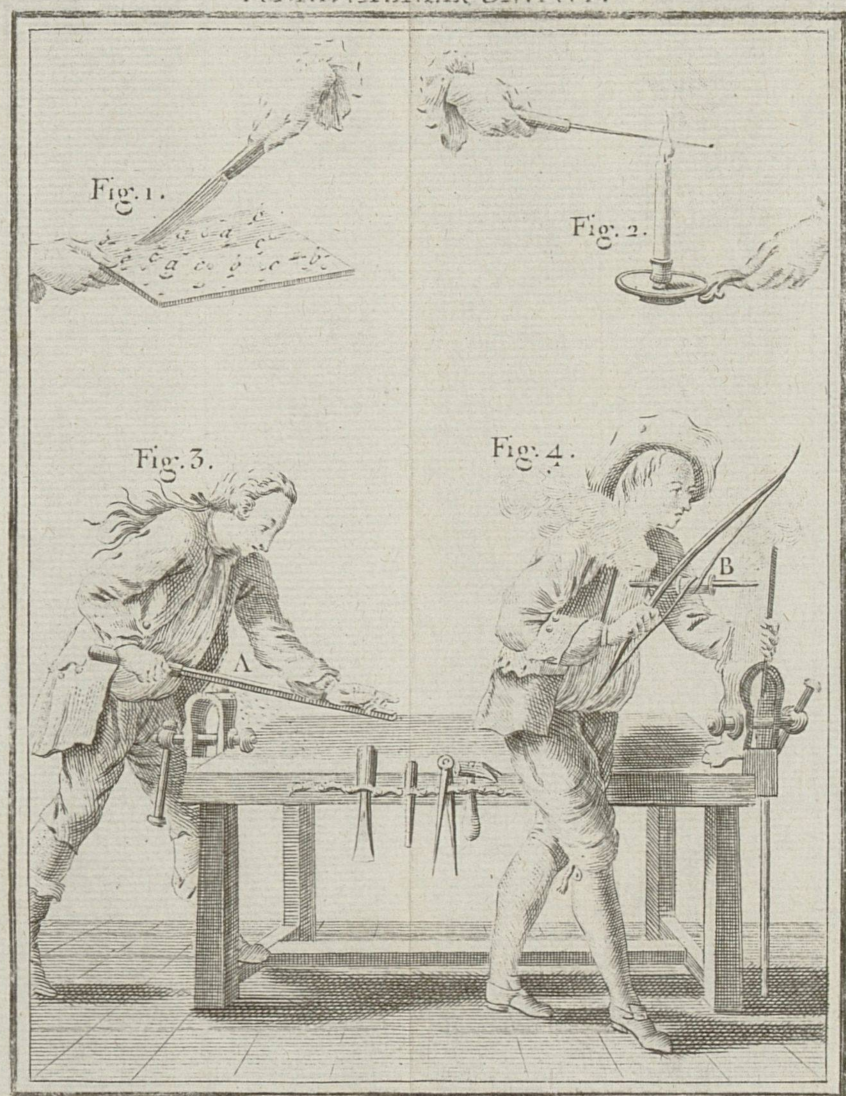
Pour revenir à notre premier fait, si l'on enléve donc un morceau de la grande glace sous laquelle est le bouzin, celui-ci ne manque pas de s'en détacher par son propre poids; sa chûte le porte un peu avant dans l'eau, & un instant après, lorsqu'il remonte à la surface, il semble qu'il vient du fond; & ceux qui ne portent point leurs ré-

XII. LEÇON.

flexions au-delà de cette premiére apparence, s'imaginent qu'il y eſt formé.

Le milieu d'une grande riviére, ce qu'on appelle *le fil de l'eau*, où il y a toujours des flots, ne ſe glace point par lui-même, parce que ſon mouvement étant irrégulier, & ſe faiſant comme par ſauts, les parties qui doivent s'unir & s'attacher, ne ſont jamais deux inſtans de ſuite à côté les unes des autres ; & la gelée n'a point le tems de les fixer. Une grande riviére ne ſe prend donc entiérement que quand les arches d'un pont, ou quelque autre obſtacle arrête les glaçons qu'elle charie, & leur donne occaſion de ſe joindre, & de ſe ſouder, pour ainſi dire, l'un à l'autre. C'eſt pour cela que la glace d'une riviére entiérement priſe n'eſt point unie comme celle d'un étang, & qu'on y voit communément des piles de glaçons amoncelés les uns ſur les autres.

Ces ſortes d'engorgemens n'arrivent point, quand les glaçons flottans ſont moins nombreux, parce qu'ils ont le tems de s'écouler, ce qui entretient libres les paſſages les plus étoits; &


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
A
B

les riviéres n'en charient jamais moins que pendant les gelées qui tiennent des deux extrêmes ; c'eſt-à-dire, quand il géle foiblement, ou bien quand il fait un froid exceſſif. On conçoit de reſte pourquoi l'on voit flotter moins de glaçons lorſqu'il géle peu ; mais que le froid le plus âpre puiſſe avoir le même effet, c'eſt un paradoxe qu'il faut expliquer.

XII. LEÇON.

Les glaçons qui flottent quittent les miroirs où ils ont été formés, & ſont emportés par le courant, parce que ces places ſont ſéparées du rivage ou des glaces qui le bordent, par des filets d'eau dont le mouvement un peu moins régulier ne donne point priſe au même degré de froid ; mais cette raiſon ne ſubſiſte plus, dès qu'il géle aſſez fort pour faire glacer non-ſeulement le miroir, mais auſſi le filet d'eau qui le ſépare du rivage ; car alors l'un & l'autre ne font qu'une même glace qui demeure fixe. Ainſi quand le froid vient à augmenter juſqu'à un certain degré, au lieu de multiplier les glaçons flottans, il en diminue le nombre, parce qu'il arrête beaucoup de ceux qui auroient flotté par un moindre froid.

XII. LEÇON.

C'eſt ainſi qu'on peut expliquer un fait qui parut fort ſingulier dans le tems qu'on l'obſerva, & qui le paroît encore tellement aujourd'hui, que bien des gens refuſent de le croire, quoiqu'il ſoit bien atteſté. Pendant l'hyver de 1709, la Seine ne fut point entiérement priſe; il y eut toujours un courant découvert entre le Pont-neuf & le Pont-royal; & l'on ſçait cependant que cette riviére ſe géle communément par un froid de 8 ou 10 degrés, plus foible par conſéquent que celui de 1709, qui fut de 15 deg. $\frac{1}{2}$. Il eſt ſingulier de pouvoir dire en pareil cas: la riviére ne ſe glace point tout-à-fait, parce qu'il fait trop froid.

Le froid fait glacer non-ſeulement l'eau commune, mais encore toutes les liqueurs qui tiennent de ſa nature, & généralement toutes les matiéres où elles ſe rencontrent en ſuffiſante quantité; cependant ſelon la quantité ou la qualité des ſubſtances qui ſont mêlées avec l'eau, ſa congélation eſt accompagnée de circonſtances différentes, que nous aurons lieu d'obſerver dans l'expérience ſuivante.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut exposer en plein air, pendant une forte gelée, ou bien plonger dans un mélange de glace & de sel, trois tubes de verre mince de 7 à 8 lignes de diamétre, fermés par un bout, & remplis l'un d'eau pure, l'autre de vin rouge, & le troisiéme d'eau dans laquelle on aura fait dissoudre une pincée de sel commun. On doit observer de minute en minute ce qui se passe dans ces liqueurs, & examiner ensuite la glace de chacune, après l'avoir ôtée de son tube.

EFFETS.

1°. L'eau pure se convertit en glace avant les deux autres liqueurs ; & cette glace toujours la plus dure & la plus solide des trois ne se trouve interrompue que par des bulles d'air.

2°. La glace d'eau salée est plus long-tems à se former, elle est moins dure, & plus chargée de sel au centre que vers l'extérieur.

3°. Le vin glacé se léve par feuil-

XII. LEÇON.

lets assez semblables à des pelures d'oignon : les premiéres de ces couches sont insipides & plus dures que celles qui sont dessous ; & le centre est occupé par une liqueur qui est fort spiritueuse.

EXPLICATIONS.

La congélation de l'eau n'étant qu'une union plus intime, & une fixation de ses parties occasionnée par l'absence du feu, qui les tenoit auparavant plus écartées les unes des autres, & mobiles entr'elles ; cet effet doit être plus prompt & plus complet dans l'eau pure que dans toute autre, parce qu'il n'y a rien qui supplée à la matiére du feu, pour empêcher que les parties ne s'approchent ; & l'on doit présumer que la glace d'une eau tellement purgée de toute matiére étrangére, qu'elle ne contînt pas même d'air, se feroit plus vîte, & deviendroit plus dure que toute autre.

Par la raison du contraire, l'eau salée se géle plus difficilement ; car les parties de sel s'opposent à l'union de celles de l'eau, comme celles-ci em-

pêchent le sel de se durcir tant qu'il est mouillé intérieurement : les particules salines cédent enfin à la force qui condense l'eau, & qui en rétrécit les pores ; & elles entrent dans la portion qui est encore liquide, à mesure qu'elles sont forcées d'abandonner celle qui devient solide : c'est pour cela que cette glace n'a poiut une salûre égale par-tout, & que le milieu trop chargé de sel ne se géle point, ou ne prend que très-peu de consistance.

Le vin est une liqueur mixte qui contient un peu d'esprit & beaucoup de flegme. Or de ces deux parties, il n'y a que la derniére qui soit de la nature de l'eau, & qui puisse se geler comme elle : c'est pourquoi à mesure que la gelée réunit les parties aqueuses, & qu'elle les lie ensemble, ce qu'il y a de spiritueux entr'elles se déplace, & forme une couche de liqueur qui sépare cette premiére glace d'une autre qui se fait plus avant, à mesure que le froid pénetre. Ainsi la partie spiritueuse étant concentrée de plus en plus, se trouve si abondante vers le milieu, que le peu de fle-

gme qu'elle peut contenir encore, ne peut plus ſe glacer.

XII. LEÇON.

APPLICATIONS.

L'EXPÉRIENCE qu'on vient de voir, nous apprend donc en général, que l'eau ſe géle d'autant plus vîte & d'autant plus ſolidement, qu'elle eſt moins mêlée avec des matiéres capables d'empêcher l'union & la cohérence de ſes parties : ainſi l'eau de la mer, à cauſe du ſel qu'elle contient, ne ſe géleroit point s'il ne faiſoit qu'un degré de froid, capable ſeulement de glacer les eaux douces ; les mers du nord ſe gélent très-profondément, parce qu'elles ſont expoſées à un froid d'une plus longue durée, & d'une plus grande âpreté que celles des autres climats ; c'eſt là ſans doute la principale cauſe de leur congélation ; mais on peut ajouter encore, que leurs eaux ſont communément moins chargées de ſels. La boue des rues, lorſque la gelée commence, eſt toujours moins dure que la glace, parce que l'eau s'y trouve mêlée avec une grande quantité de terre qui rend ſa congélation plus difficile.

Les crêmes & les liqueurs glacées qu'on sert sur les tables, sont toujours chargées de sucre, ou bien elles sont spiritueuses; & c'est une des raisons pour lesquelles on ne peut les faire prendre, que par un degré de froid beaucoup plus grand, que celui qui suffiroit pour la congélation de l'eau commune: & comme ces liqueurs portent plus ou moins de sucre les unes que les autres, que celles-ci sont moins spiritueuses, celles-là davantage, il arrive que quand on ne pousse point leur refroidissement au-delà de la simple congélation, il y en a qui sont sensiblement plus froides les unes que les autres, quoique chacune d'elles n'ait que le degré qu'il lui faut pour être glacée.

Il est passé en usage, parmi les Physiciens, de regarder comme un terme fixe le degré de froid qui est nécessaire, & qui suffit pour geler l'eau. M. de Reaumur l'a marqué par zéro aux thermométres comparables dont il nous a donné la construction; & il part de-là pour compter les degrès de dilatation ou de chaud en montant, & ceux de condensation

XII. Leçon.

ou de froid en descendant. En effet; en quelque tems & en quelque lieu qu'on ait plongé ces instrumens dans de la glace ou de la neige qui commence à fondre, ou dans de l'eau qui commence à se geler, jusques à présent l'expérience a fait voir, que la liqueur revient toujours au fil auprès duquel est marqué zéro, & vis-à-vis, *terme de la glace*, ou *congélation de l'eau* : ce qui prouve qu'on a raison de regarder comme invariable le degré de froid qui commence à faire geler l'eau. Ce principe n'est pourtant recevable qu'à condition que le froid agisse sur une eau pure, ou qui ne soit point chargée de quelque matiére capable, par sa quantité ou par sa qualité, d'en retarder la congélation; car si l'on plongeoit un thermométre dans de l'eau salée, par exemple, jusqu'à ce qu'elle commençât à se convertir en glace, la liqueur de l'instrument seroit alors plus bas que zéro, par les raisons que nous avons dites ci-dessus. Avec cette attention, on aura donc un terme fixe, que je crois plus commode & plus sûr que tout autre; quoi qu'en dise l'Auteur anony-

me d'une brochure * qui parut ici en 1745, & dans laquelle on propoſe la température des ſouterreins profonds comme un terme préférable à celui de la glace : ces ſouterreins ſe trouveront-ils auſſi commodément & auſſi univerſellement que la glace ou la neige ? quand on les trouveroit ; comment ſera-t-on ſûr qu'ils ſont tous d'une température égale, puiſque, ſur le témoignage de M. Caſſini, les caves même de l'Obſervatoire, en changent ſenſiblement ?

XII. LEÇON.

* *Deſcription de la méthode d'un thermométre univerſel.*

L'EAU des mares qui ſe trouve ſouvent mêlée avec l'urine des animaux, avec les parties graſſes ou ſalines des matiéres, tant animales que végétales, qui s'y ſont pourries : ces eaux, dis-je, lorſqu'elles ſe glacent, repréſentent fort ſouvent des figures bizarres, des deſſeins qui ont quelques reſſemblances avec les ouvrages de l'art, ou même avec ceux de la nature ; l'imagination acheve d'en faire des merveilles ; pour peu qu'on ſe frappe de ces accidens, on y voit des dentelles, des arbres, des animaux, &c. il n'en a point fallu davantage pour faire naître un ſyſtême : certains

XII. LEÇON.

Auteurs ont prétendu que l'eau dans laquelle une plante a péri, qui en contient par conséquent les principes les plus fixes, ou que la lessive même de ses cendres, venant à se glacer, en représente fidélement l'image : cette espéce de résurrection ou *palingénésie* est une chimére que M. l'Abbé de Valmont * a prise fort à cœur, mais qu'il n'a point prouvée; car une seule expérience ne suffit point, il faut qu'en la répétant plusieurs fois le même résultat se soutienne constamment; & c'est ce qu'on ne trouve dans aucun Auteur digne de foi. Ce que disent Boyle & le Chevalier Digby, en faveur de la palingénésie, tombe de soi-même; car le premier met ce prétendu phénoméne au rang des expériences qui ne réussissent point, & l'autre l'appelle un jeu de la nature; c'en est un véritablement, qui s'explique en disant, que les parties de glace s'arrangent entr'elles relativement à la quantité & à l'ordre des corps étrangers, qui se trouvent mêlés dans l'eau, & qui interrompent ou retardent plus ou moins la congélation; ou bien encore selon les rou-

* *Curiosité de la nat. & de l'art. sur la végett. l'agricult. &c.*

tes

tes que prend la matiére du feu, qui s'évapore de l'eau à mesure que celle-ci perd sa fluidité.

XII. LEÇON.

LES fruits se gélent & se durcissent, comme on sçait, pendant les hyvers qui sont un peu rudes; & lorsque le dégel arrive, ils ont perdu leur goût, & le plus souvent on les voit tomber en pourriture: ces désordres viennent de ce que leurs sucs sont des liqueurs dont l'eau fait une grande partie; la gelée les décompose comme le vin de notre expérience, & les parties aqueuses deviennent des petits glaçons dont le volume augmente, qui brisent & qui crévent les petits vaisseaux dans lesquels ils sont renfermés.

Il arrive quelque chose de semblable aux animaux mêmes qui habitent les pays froids: c'est une chose assez commune d'y voir des gens qui ont perdu le nez ou les oreilles, pour avoir été exposés à une forte gelée; ces accidens sont plus rares dans les climats tempérés; mais on en voit cependant de tems en tems des exemples.

Quand les corps organisés ont été

XII. LEÇON.

gelés, on ne peut eſpérer de les ſauver qu'en les faiſant dégeler fort lentement, en les tenant, par exemple, quelque tems dans la neige avant que de les expoſer à un air doux, afin de donner le tems aux parties de reprendre l'ordre qu'elles ont perdu; ſans cette précaution la fluidité revenant aux parties à qui elle convient, avant que les vaiſſeaux qui ont été forcés ſoient conſolidés, les ſucs ou les humeurs s'extravaſent, ou bien leurs principes demeurent déſunis.

Il n'en eſt point du froid qui fait geler l'eau pure, comme du degré de chaleur qui la fait bouillir dans un vaſe ouvert. L'eau qui bout ne devient jamais plus chaude; mais celle qui eſt parvenue à la congélation, peut devenir beaucoup plus froide, de deux maniéres: 1^{ment}, ſi elle demeure expoſée à une gelée qui augmente de plus en plus; car alors elle ſe refroidit autant que l'air qui la touche, & cet effet lui eſt commun avec tous les autres corps qui y ſont expoſés comme elle: 2^{ment}, ſi on la mêle avec certaines matiéres qui puiſſent la pénétrer, & qu'elle pénétre

elle-même en se fondant. Les sels concrets, c'est-à-dire, ceux qui ont la consistance de solide, sont connus pour avoir spécialement cette propriété : mais ils ne sont pas les seuls ; plusieurs liqueurs refroidissent la glace comme eux, & même davantage. Quant au refroidissement qui vient de l'atmosphére, il suffit, pour s'en convaincre, de plonger dans la glace ou dans la neige qui est exposée à l'air, un thermométre, lorsqu'ayant été exposé de même, il se trouve de plusieurs degrés plus bas que le terme de la congélation ; car cette immersion ne faisant point remonter la liqueur, on voit évidemment que le froid est le même dans l'eau gelée que dans l'atmosphére ; c'est-à-dire, plus grand que celui qui suffit pour glacer l'eau simplement. Je ne m'arrêterai donc qu'aux refroidissemens artificiels, à ceux que l'on fait, en mêlant avec la glace des sels ou quelqu'autre matiére.

XII. LEÇON.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On entoure de glace pilée ou de neige la boule d'un petit thermométre placée dans un vaisseau: on attend que la liqueur se soit fixée au terme de la congélation : alors si l'on jette dessus la glace une once ou deux de quelque sel que ce soit ;

EFFETS.

Peu de tems après, le fond du vase se remplit d'eau salée, & l'on voit descendre la liqueur du thermométre au-dessous du terme où elle s'étoit fixée.

EXPLICATIONS.

De la glace qui se fond en se refroidissant, qui cesse d'être, par un plus grand froid, ce qu'elle ne peut être que par le froid même, est un phénoméne singulier, & qu'il n'est pas facile d'expliquer : les difficultés augmentent encore, quand on s'arrête aux idées que la plûpart des Physiciens se sont faites de la nature des

fluides : car si leur état consiste dans un mouvement actuel, & que l'eau se refroidisse par le mélange des sels, parce que ses parties, comme fixées par les particules salines, ne peuvent plus se mouvoir avec la même vîtesse qu'auparavant ; * comment ces mêmes sels mêlés avec la glace font-ils renaître la liquidité ? Est-ce que, contre leur coutume, ils y raniment le mouvement ? ou bien le froid qui augmente n'est-il pas le signe du mouvement rallenti ? Pour moi, comme je l'ai déja dit plusieurs fois, ne voyant nulle nécessité d'admettre cette agitation particulière & actuelle dans les liquides, je m'en tiens toujours à la mobilité respective de leurs parties, que je regarde comme la seule condition essentielle à cet état. Je ne crois pas non plus que les sels qui sont dissous dans l'eau, puissent par eux-mêmes en fixer les parties, & les empêcher de rouler les unes sur les autres ; puisqu'au contraire les eaux salées ne se glacent que difficilement.

XII. LEÇON.

* *Mém. de l'Acad. des Scienc.* 1700. *pag.* 114.

Je conjecture donc que le refroidissement de la glace, par le mélange des sels, se fait à peu près comme ce-

XII. LEÇON.

lui de l'eau ; l'humidité pénétre le ſel, le diviſe & le met en état de faire la même choſe à l'égard de la glace ; les deux matiéres ſe pénétrent mutuellement à meſure qu'elles ſe fondent, & les parties de l'une parcourant rapidement les pores de l'autre, en chaſſent pour un tems la matiére du feu qui s'y trouve encore ; & de-là il naît une plus grande privation de chaleur dans le mélange : j'appuye cette penſée ſur les obſervations ſuivantes.

1°. Quand les grains de ſels qu'on mêle avec la glace ſont gros & bien ſecs, on entend pétiller & craquer tout le mêlange ; & l'on apperçoit aſſez ſouvent de petits éclats de la glace qui s'élancent ou qui ſautent, ce qui dénote que la pénétration ſe fait avec violence, & que les deux matiéres n'agiſſent pas ſeulement l'une ſur l'autre par les ſurfaces.

2°. A meſure que le refroidiſſement ſe fait, il s'amaſſe au fond du vaſe une eau qui eſt chargée de ſel ; ce qui marque une fuſion réciproque des deux matiéres ; & cette condition eſt ſi néceſſaire, que quand on y met obſtacle, le mêlange demeure ſans effet ;

comme je l'ai éprouvé moi-même d'après M. de Reaumur, en mettant ensemble de la glace & du sel que j'avois desséchés par un froid de 12 ou 14 degrés ; dès qu'il n'y a point d'humide pour fondre le sel, & pour le mettre en état d'entamer la glace, l'un & l'autre mêlés ensemble, demeurent au même degré de froid qu'ils ont acquis séparément. Mais si l'on répéte la même expérience en employant de l'esprit de nitre ou de sel marin, au lieu de sel concret, le refroidissement augmente considérablement, parce que cette liqueur saline est toujours en état de pénétrer la glace. Et procédant ainsi, on peut faire un froid artificiel qui égale presque deux fois celui du fameux hyver de 1709, ou qui représente dans ces climats, la gélée qui régne assez communément en Laponie.

3°. Pendant tout le tems que la glace se refroidit, & que les deux matiéres se pénétrent réciproquement, on observe autour du vase qui contient le mêlange, une vapeur épaisse qu'on peut attribuer, avec assez de vraisemblance, au feu qui s'exhale,

XII. LEÇON.

& qui emporte avec lui des parties aqueuſes qui ſe ſont trouvées expoſées à ſon choc.

Mais, dira-t-on, ſi la matiére du feu eſt la cauſe générale de la fluidité, & que l'eau ne devienne glace, que quand elle en eſt dépourvûe à un certain point, comment ſe peut-il faire qu'une plus grande diſette de cette matiére, rende la glace liquide ?

Je réponds à cette difficulté, que ce n'eſt point parce qu'il y a moins de feu dans la glace, qu'elle ſe convertit en eau, mais parce qu'on ſubſtitue au feu qui en eſt ſorti, & qui continue de s'exhaler, une autre matiére qui ſe loge entre les parties, & qui les rend mobiles les-unes à l'égard des autres. Quoique le feu ſoit la cauſe la plus générale de la liquidité, il n'eſt point la ſeule qui puiſſe faire naître ou entretenir cet état : il ſuffit qu'une matiére interpoſée empêche les parties d'un corps de ſe joindre, & qu'elle ne leur ſerve pas de lien commun ; ce corps auſſi-tôt eſt un fluide, quelque degré de froid qu'il ait d'ailleurs ; c'eſt ainſi que les eſprits-de-vin, de ſel, de

nitre

nitre, &c. mêlés avec l'eau en suffisante quantité, empêchent sa congélation, & lui rendent sa fluidité quand elle l'a perdue; les sels extrêmement divisés par la dissolution, produisent le même effet, & par la même raison. XII. LEÇON.

A cette occasion, nous remarquerons un fait qui est fort singulier : l'esprit-de-vin mêlé avec la glace la fait fondre & la refroidit considérablement : si on le mêle avec de l'eau, il fait tout le contraire; le mélange devient sensiblement plus chaud, que ne l'étoient les deux liqueurs avant leur union. Ces deux effets qui sont si fort opposés, dépendent de bien peu de chose; car un degré de plus ou de moins fait que de l'eau devient glace, ou que la glace retourne en eau : cependant on ne peut s'en prendre qu'à cette différence d'état; & s'il est permis de conjecturer, quand on manque de raisons évidentes, voici comment j'essayerois d'expliquer ce double phénoméne.

Le mélange de glace & d'esprit-de-vin se refroidit, parce que ces deux matiéres se pénétrent réciproquement, & que l'une, enfilant les po-

XII. LEÇON.

res de l'autre, en chasse la matiére du feu, comme je l'ai dit ci-dessus à l'égard du sel : la double pénétration que je suppose ici paroît prouvée d'ailleurs ; car M. de Reaumur a fait voir * que le volume de l'eau & de l'esprit-de-vin mêlés ensemble, n'égale point celui que ces deux liqueurs ont séparément ; il faut donc qu'en s'unissant, elles se logent l'une dans l'autre. Mais quand une liqueur en pénétre une autre, & qu'elle chasse devant elle la matiére du feu qu'elle rencontre dans les pores, elle frotte nécessairement les parois de ces mêmes pores, dont les parties extrêmement mobiles se mettent à tourner sur elles-mêmes sans se déplacer ; & si la pénétration est réciproque, il doit naître dans tout le mélange un mouvement intestin ; une sorte de fermentation qui ne va guéres sans chaleur, parce que le peu de feu qui reste se trouve animé par cette agitation : ainsi l'esprit-de-vin refroidit la glace, parce qu'en la pénétrant il n'opére qu'une plus grande disette de feu ; mais il échauffe l'eau, parce qu'en lui faisant perdre une partie de son feu, il pro-

* *Mem. de l'Acad. des Sc.* 1733. p. 168.

cure à celui qui reste une augmentation de mouvement qui supplée avec excès à la quantité qui manque. XII. LEÇON.

APPLICATIONS.

POUR faire glacer la crême, les liqueurs & les fruits, on se sert pendant l'été, dans les offices, & chez les limonadiers, de la glace qu'on a gardée dans des souterreins, & qui n'a plus que le degré de froid nécessaire pour être dans cet état; si on l'employoit seule, elle ne pourroit point faire geler de l'eau pure, ni à plus forte raison des matiéres grasses, spiritueuses, & chargées de sucre, parce qu'en communiquant de son froid, elle reçoit une partie de la chaleur du corps qu'elle refroidit; & l'un & l'autre après cette communication réciproque, demeurent toujours moins froids que de la glace qui n'est point fondue: on est donc dans l'usage de la refroidir artificiellement, en y mêlant quelque sel; celui qu'on employe le plus communément est le sel qu'on tire de la mer, ou des mines, pour assaisonner les alimens; on en met environ une partie contre deux de glace

XII. LEÇON.

pilée, on mêle promptement l'un avec l'autre, & l'on y plonge un canon de fer blanc ou d'argent qui contient la liqueur qu'on veut faire glacer. Quand on veut hâter cette congélation, il faut agiter continuellement le vaiſſeau, & ratiſſer la glace à meſure qu'elle s'attache au parois intérieures, afin que les parties qui ſont vers le centre, changent de place, & viennent à leur tour à l'endroit où régne le plus grand froid. Ces mouvemens procurent encore un autre avantage; ils empêchent que la liqueur qui ſe géle ne ſe convertiſſe en glaçons, & ils ne lui laiſſent prendre que la conſiſtance de neige. On a raiſon de ſouhaiter que cela ſoit ainſi; car comme l'eau qui ſe géle tranquillement ſe déſaiſit en partie des matieres étrangéres qu'elle contient, ces ſortes de liqueurs en ſe glaçant en repos ſe décomposeroient, & leurs glaçons ſe trouveroient toujours preſque inſipides. La doſe du ſel qu'on doit employer avec la glace pour la refroidir, n'eſt point une choſe indifférente; ſi l'on n'en met point aſſez, la pénétration mutuelle d'où dépend le

refroidiſſement, n'eſt ni aſſez promp-pte; ni aſſez complette; ſi l'on en met trop, ce qui ne ſe fond point, eſt un corps étranger, qui, toujours plus chaud que la glace, la fait fondre par le ſeul attouchement des ſurfaces, & par conſéquent ſans la refroidir. Pour éviter ces deux inconvéniens, on doit prendre pour régle, de mêler avec la glace à peu près autant de ſel que l'eau la plus froide en peut diſſoudre.

Dans les pays de gabelles où le ſel marin coûte 10 ſols la livre, des raiſons d'œconomie ont fait chercher quelqu'autre ſel de moindre prix, qu'on pût lui ſubſtituer pour refroidir la glace: on s'eſt ſervi avec ſuccès du ſalpêtre le plus commun, de celui de la premiére cuite, c'eſt-à-dire, qui n'a encore eu qu'une façon, & qu'on peut avoir pour 6 ou 7 ſols la livre. La réuſſite de cette épreuve, & l'opinion où l'on eſt, qu'il y a dans l'air des parties nitreuſes qui ſont la principale cauſe de ſon refroidiſſement, ont fait préſumer que le ſalpêtre étoit le plus puiſſant de tous les ſels pour refroidir la glace; ce ſentiment eſt

devenu fort commun, & quelques Sçavans même l'ont avancé ſans preuves : mais M. de Reaumur ayant examiné *, le thermometre à la main, la valeur de chaque ſel pour cet effet, a reconnu que le ſalpêtre par lui-même ne procure qu'un foible refroidiſſement, & que lorſqu'il en opére un plus grand, c'eſt moins en qualité de ſalpêtre, qu'en vertu du ſel marin avec lequel il eſt mêlé, & dont on le dépouille par la ſeconde & par la troiſiéme cuites.

XII. LEÇON.

* *Mem. de l'Acad. des Sc. 1734. p. 267.*

Par cette épreuve non-ſeulement on corrige une erreur qui commençoit à gagner ; mais on nous fournit un moyen aſſez ſimple, & plus ſûr que ceux qui ſont en uſage, pour connoître la meilleure poudre à canon ; car comme le ſalpêtre en fait la principale partie, & que le ſoufre & le charbon qui n'y entrent qu'en petite quantité, ne ſont point capables de refroidir la glace, il eſt évident que de pluſieurs ſortes de poudres celle-là doit paſſer pour la meilleure, qui fait prendre à la glace un moindre refroidiſſement, car c'eſt une marque qu'elle eſt faite avec le ſalpêtre le

plus raffiné, le plus dépouillé de sel marin.

Le salpêtre non raffiné, ou le sel qu'on en tire, & qu'on n'employe point aux usages ordinaires à cause de l'amertume qui lui reste, ne sont pas les seules matiéres dont on puisse se servir pour refroidir la glace, au lieu du sel qu'on achete aux gabelles. Si l'on veut épargner la dépense, on peut employer la soude, non pas celle qui vient d'Alicante, & qui en porte le nom, mais une autre espéce qu'on appelle *Varec*, qui se fait communément sur les côtes de Normandie, & qui n'est autre chose que la cendre de l'*Algue*, & de quelques autres plantes marines qu'on y brûle en grande quantité. Cette soude la moins bonne de toutes, & la moins estimée dans le commerce, ne coûte que 2 sols la livre, & elle refroidit assez la glace pour tenir lieu de sel marin, & même pour lui être préférée à certains égards; car quoiqu'elle fasse un refroidissement moins grand que lui, dans tous les cas où l'on ne se pique point d'opérer en 5 ou 6 minutes, elle exige moins de soins, pour empêcher qu'il

XII. LEÇON.

ne se fasse des glaçons, & elle conserve plus long-tems bonnes à prendre, les liqueurs qu'elle a converties en neiges.

COMME l'évaporation du feu qui passe de l'eau dans l'air, à mesure que l'atmosphére se refroidit, occasionne la congélation; aussi lorsque le feu se ranime dans l'air, & qu'il rentre dans la glace en suffisante quantité, il la fait fondre, il lui rend sa premiére fluidité; & c'est ce qu'on nomme *dégel*. Le feu, pour produire ce dernier effet, agit non seulement par lui-même, mais encore par les parties solides des corps qu'il anime, & qui ont plus de prise que lui-même sur la glace; par conséquent à chaleur égale, la glace se fond d'autant plus vîte qu'elle est touchée par des matiéres plus denses : sa dissolution se fait donc plus promptement dans l'eau que dans l'air; aussi remarque-t-on que le dégel n'est jamais plus général, & ne fait des progrès si rapides que par un vent du Sud, parce qu'alors l'air est communément plus doux & plus humide.

Quand le dégel est commencé,

s'il ſurvient une nouvelle gelée, l'humidité abondante qui mouille la ſurface de la terre, & le pavé des rues devient une glace continue qu'on nomme *verglas*, & ſur laquelle il eſt difficile de marcher, parce que ſe conformant aux inégalités du terrein, elle préſente continuellement aux pieds des plans différemment inclinés & fort gliſſans.

L'eau qui dégoutte des toits & des endroits qui ont été couverts de neige dans ces ſortes d'occaſions, forme des glaçons pendans qui prennent différentes figures, ſuivant les circonſtances qui accompagnent ces écoulemens, & le degré de froid qui les ſaiſit.

Mais un des plus funeſtes effets de ces faux dégels c'eſt d'abreuver d'eau les terres enſemencées; car auſſi-tôt que la gelée ſurvient, la racine du grain & ſa tige naiſſante ſe trouvent enveloppées de glace qui les froiſſe, qui les coupe, & qui ſouvent les fait périr.

XIII. LEÇON.

XIII. LEÇON.

De la nature & des propriétés du Feu.

CE que le vulgaire appelle *Feu*, n'est à proprement parler qu'un corps embrasé, dont les parties se désunissent ou s'évaporent en fumée, en flamme, en odeur, &c. mais cette espéce de dissolution, cette embrasement que l'on connoît tant, & sur lequel le commun des hommes réfléchit si peu, n'est encore aux yeux du Physicien que l'effet (toujours admirable) d'une cause secréte qui pique extrêmement sa curiosité, & qui se dérobe à ses recherches. Comme les objets nous échappent, quand nous les considérons de trop loin, aussi ne les voyons-nous que confusément quand nous en sommes trop près : le feu naît avec nous, il pénétre notre propre substance, ses effets nous suivent par-tout ; rien ne nous est plus familier, & c'est peut-être une des

raisons qui nous empêchent de connoître sa nature, & qui font que la Physique la plus éclairée ne peut encore offrir que des probabilités sur cette grande question. Après une étude de deux ou trois mille ans, après les méditations des Descartes, des Newton, des Malbranche, après les observations & les expériences des Boyle, des Boerhaave, des Reaumur, des Lemery, &c. nous en sommes encore à sçavoir définitivement si le feu est une matiére simple, inaltérable, destinée à produire par sa présence ou par son action, la chaleur, l'embrasement, la dissolution des corps; ou bien si son essence consiste dans le mouvement seul, ou dans la fermentation des parties qu'on nomme *inflammables*, & qui entrent comme principes, en plus ou moins grande quantité dans la composition des mixtes.

A la vérité cette derniere opinion n'a plus guéres de partisans, & ceux qui la soutiennent encore attribuent communément, ou à l'éther, ou à la matiére subtile le mouvement primitif, ce mouvement intestin des par-

XIII. Leçon.

ties, en quoi ils font consister la nature du feu, ce qui rapproche beaucoup les deux sentimens.

Puisqu'il faut donc revenir à une matiére qui est comme le principe du feu, & sans laquelle le mouvement qui lui est propre n'auroit pas lieu, j'aime autant dire avec la plûpart des Physiciens, qu'il y a dans la Nature un fluide propre à cet effet, créé tel dès le commencement, & qui n'a besoin que d'être excité pour agir : que ce soit l'éther, que ce soit le premier ou le second élément de Descartes, c'est ce que je n'examine point ici ; le nom n'y fait rien : & comme la Nature ne produit les êtres qu'avec épargne, tandis qu'elle multiplie leurs propriétés avec profusion, je suis très-porté à croire que c'est la même matiére qui brûle & qui éclaire, qui nous fait sentir la chaleur & voir les objets : en un mot, que le feu & la lumiere considérés dans leur principe, sont une seule & même substance différemment modifiée. Développons cette idée, & tâchons d'en tirer les explications des phénomenes que nous avons à examiner dans cette

leçon & dans celle qui la ſuit.

XIII. Leçon.

Pour ce qui concerne le feu, j'examinerai d'abord quelle peut-être ſa nature, & comment ſon action ſe diſtribue aux parties des corps qui la reçoivent: J'expoſerai enſuite les différens moyens par leſquels on excite cet élément pour le faire agir: & enfin, je ferai voir à quoi ſe réduiſent ſes principaux effets, & j'en ſuivrai les différens progrès; ce qui donnera lieu à quatre Sections dans leſquelles je comprendrai tout ce que j'ai à dire ſur cette matiére.

En traitant, ſuivant la Méthode à laquelle je me ſuis aſſujetti dans tout cet Ouvrage, & qui m'a paru la plus propre à éclairer l'eſprit dans la recherche des vérités phyſiques, en traitant, dis-je, par voie d'expérience, d'une matiére que ſon extrême ſubtilité dérobe à nos ſens, & que nous ne pouvons guéres connoître que par les différens rapports qu'elle a avec des objets plus ſenſibles, & par les changemens qu'elle peut cauſer dans les autres êtres matériels, il ſeroit peut-être plus naturel de faire précéder tout ce que nous pouvons ſçavoir

XIII. Leçon.

de l'action réciproque du feu sur les corps, & des corps sur lui, avant que de rien prononcer sur son essence & sur sa maniere d'être; mais lorsqu'il s'agira d'expliquer comment certains procédés mettent le feu en mouvement & augmentent sa force, ou pourquoi il en résulte tels ou tels effets en certains cas; je serai souvent obligé d'employer des idées qu'il est à propos d'avoir au moins exposées précédemment; & c'est ce que je me propose de faire dans la premiére section. Une partie des propositions que j'y énoncerai paroîtront peut-être moins solidement prouvées par les raisonnemens que j'y joindrai, qu'elles ne le seront par les faits que j'aurai à citer dans les sections suivantes; mais on pourra toujours les admettre comme des suppositions vraisemblables, sauf à suspendre son jugement, jusqu'à ce que l'expérience vienne à l'appui du raisonnement.

PREMIERE SECTION.

Examen préliminaire de la nature du feu & de sa propagation.

Article Premier.

De la nature du Feu.

Le Feu considéré dans son principe doit être autre chose que le mouvement intestin des parties échauffées, ou la dissipation actuelle des corps embrasés : car dans l'état naturel, tout mouvement une fois imprimé se ralentit, & cesse enfin d'être sensible, en se distribuant à une plus grande quantité de matiére, comme je crois l'avoir suffisamment prouvé dans la troisiéme & dans la quatriéme leçon ; le feu au contraire se communique avec accroissement : nous voyons tous les jours qu'une étincelle devient un incendie. Quand je considére à la fin du jour combien il a fallu de mouvement pour dissiper en flamme, en fumée & en cendres tout le bois que j'ai fait brûler dans ma

XIII. LEÇON.

cheminée, il s'en faut bien que je le trouve, tout ce mouvement, dans le choc du caillou & du morceau d'acier par le moyen duquel on a allumé mon feu le matin. Il y a donc une cause indépendante des parties combustibles, & qui non-seulement entretient la premiére inflammation, mais qui facilite encore ses progrès, une cause dont l'action devient plus libre & plus puissante par ses propres effets.

Cette cause doit être une matiére: peut-on la soupçonner d'être autre chose, sans s'écarter des idées les plus généralement reçues, sans donner dans des fictions qui auroient peine à s'accorder avec un raisonnement méthodique, ou sans mettre en jeu la toute-puissance du Créateur, ce qu'on ne doit faire qu'avec beaucoup de réserve, pour ne pas risquer de lui attribuer des chiméres? On verra dans toute cette Leçon, & dans la suivante, que le feu agit immédiatement & localement sur les corps organisés & autres, qu'il se divise & se partage entre eux, qu'il se contient dans des limites, qu'il reçoit du mouvement, & qu'il en commu-

nique

nique : tous ces caractéres n'annoncent-ils pas clairement une ſubſtance matérielle ? & l'être qui en eſt revêtu ne peut-il pas ſans aucune difficulté ſe ranger dans la claſſe des fluides ſubtils, de même que l'air, l'éther, &c. ſur le genre & ſur l'exiſtence deſquels il n'y a point de conteſtation ?

XIII. LEÇON.

Boerhaave qui a traité du feu * très-ſçavamment, & d'une maniére plus complette qu'aucun Auteur que je ſçache, en admirant la prodigieuſe ſubtilité de cet élément, obſerve que quelques Phyſiciens, frappés auſſi de cette merveille, l'ont pris pour un eſprit, plutôt que pour un corps : *ut ab aliis pro ſpiritu verius quàm pro corpore ſit agnitus*. Mais on auroit tort de croire que ce ſçavant Chimiſte ait voulu ſouſcrire à cette doctrine ? puiſqu'au contraire dans la ſuite de ſon Ouvrage * il établit ſolidement & par des preuves d'expérience, que le feu conſidéré même dans ſon principe, (*ignis Elementalis*,) eſt véritablement une matiére à part, & diſtinguée des autres à la vérité, mais qui doit être compriſe dans la claſſe des êtres purement matériels.

* *Elem. chemiæ*, Tom. I. pag. 68.

* Ibid. p. 203.

XIII. LEÇON.

Cet habile homme, exercé dès ses premiéres années à juger de la nature des substances, par la connoissance qu'il sçavoit si bien acquérir de leurs attributs & de leurs propriétés, n'a point balancé sur celle du feu, quoiqu'il crût avec plusieurs autres Sçavans, que cette matiére n'a pas comme les autres corps sublunaires, la tendace déterminée de haut en bas, qu'on nomme pesanteur, opinion combattue par les argumens les plus forts, mais qui a cependant frappé quelques esprits métaphysiciens jusqu'au point de leur faire imaginer en faveur du feu une classe d'êtres mitoyens entre l'esprit & le corps, une demi-matérialité. Car, disent-ils, la gravité étant une propriété de la matiére, si le feu n'est point grave, il n'est point pure matiére.

Il est vrai que nous ne connoissons point de corps appartenant à la terre, qui n'ait une tendance vers le centre de cette planete; mais on ne peut pas dire pour cela que la pesanteur soit un attribut essentiel à la matiére, qu'une substance ne puisse être matérielle, sans être pesante; le feu pourroit être

un fluide, si généralement répandu dans la nature, qu'il n'appartint pas plus à une planete qu'à une autre, qu'il n'eût aucune tendance particuliére & déterminée, & qu'il affectât seulement de se répandre uniformément, & de se mettre en équilibre avec lui-même par un effort qui seroit tout autre que celui de cette pesanteur, dont il est ici question, ce qui n'empêcheroit pas qu'il ne fût une vraie matiére.

Mais avant que d'en venir à cette raison, on ne doit pas convenir, comme d'une chose décidée, que le feu n'ait point de pesanteur; on peut citer au contraire plusieurs expériences faites & répétées par mains de maîtres, sur la foi desquelles il paroît que certaines matiéres ont acquis du poids en acquérant du feu, comme si cet élément en eût en effet augmenté la masse, en se mêlant avec elles, & en se logeant dans leurs pores.

Boyle a écrit un Traité tout entier * pour prouver que la flamme est pesante; l'Histoire de l'Académie des Sciences par M. Duhamel fait mention de plusieurs minéraux calcinés, dont

* *De ponderabilitate flammæ.*

XIII. LEÇON.

le poids a été augmenté d'un $\frac{1}{16}$; ou même quelquefois d'un $\frac{1}{10}$ dans l'opération : c'est une chose connue de tous les ouvriers qui travaillent à la fayance, que l'étain réduit en chaux pour faire cette espéce d'émail blanc, dont on enduit les vaisseaux quand ils sont fabriqués en terre, que cet étain, dis-je, sort du fourneau pour l'ordinaire d'un $\frac{1}{12}$, ou environ plus pesant qu'il n'y étoit entré.

Je ne dissimulerai pas que ces expériences ne sont pas aussi décisives qu'on pourroit le croire ; soit parce qu'on peut soupçonner que cette augmentation de poids n'est pas causée par le feu proprement dit, mais par toute autre matiére qui s'unit aux corps que l'on calcine, & qui peut venir ou de l'air qui les touche, ou des vaisseaux qui les contiennent, ou des instrumens avec lesquels on les agite pendant l'opération, ou bien même du charbon qui sert d'aliment au feu, soit parce qu'on est peu d'accore sur ces faits, & que l'on voit un Boerhaave opposer les siens à ceux des Lemery & des Homberg, c'est-à-dire,

le pour & le contre ſoutenu par les plus grands Maîtres. XIII. Leçon.

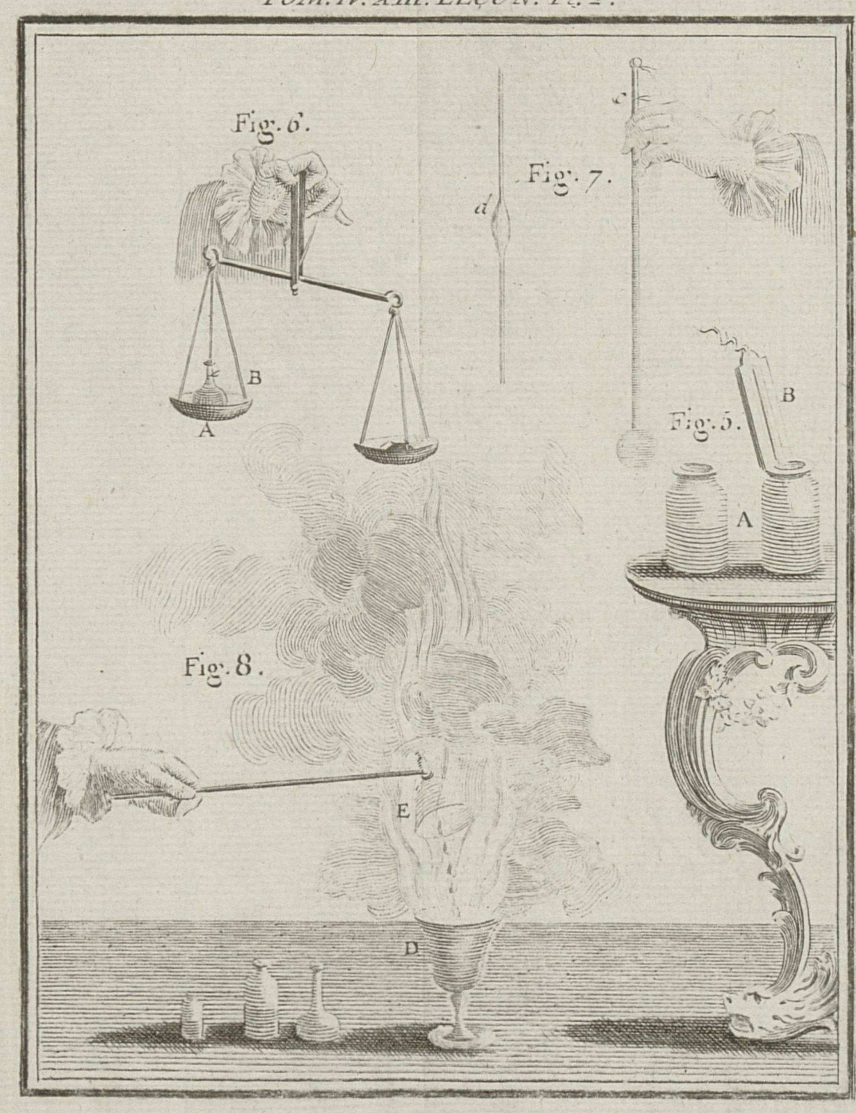
Mais quand l'expérience n'auroit jamais prouvé d'une maniére certaine que le feu eſt peſant, on ne peut pas dire qu'elle ait décidé le contraire; ſi la balance n'a pas perdu ſon équilibre quand on a peſé chaud, ce qu'on avoit peſé froid précédemment; il eſt plus naturel de penſer que l'augmentation du poids dans le corps chauffé, n'a point été aſſez grande pour faire trébucher l'inſtrument, que de ſuppoſer qu'elle ait été abſolument nulle; parce que toutes les autres matiéres connues ayant de la peſanteur, on ne doit point croire que celle du feu ſoit exceptée de la loi générale, ſans en avoir des preuves poſitives & évidentes.

D'ailleurs, quand on péſe une maſſe de fer embraſée, comme a fait Boerhaave, eſt-il bien décidé, & doit on croire que le feu s'il eſt peſant, doive en pareil cas joindre ſa peſanteur à celle du métal qu'il embraſe?

Selon le ſentiment même de ce ſçavant Phyſicien, (ſentiment qui me paroît très-probable, & dont je donnerai bien tôt les raiſons) le feu eſt

XIII. LEÇON.

présent par tout, au-dehors, comme au-dedans des corps; dans le tems de l'embrasement le feu intérieur de la masse de fer, ne différe de celui qui l'environne, que par sa quantité ou par une plus grande action : mais l'un & l'autre communiquant ensemble avec d'autant plus de liberté que les pores du métal échauffé sont plus ouverts; dans cette supposition, je dis que le feu ne porte point son poids sur la balance, mais qu'il se met en équilibre avec celui du dehors, comme l'eau qui remplit un corps très-spongieux ne le charge point de son propre poids, si ce corps est plongé dans de pareille eau; ou, pour user d'une comparaison plus analogue au fait dont il s'agit, imaginons que je pése dans l'air libre un ballon creux & rempli d'un air semblable à celui qui l'environne, & avec lequel il communique; selon les loix de l'Hydrostatique, établies & prouvées dans notre huitiéme Leçon, le bras de la balance ne porte ici que la matiére propre du ballon, moins le poids de la quantité d'air dont cette matiére tient la place.


Fig. 6.
B
A
Fig. 7.
d
c
Fig. 5.
B
A
Fig. 8.
E
D

Et quand bien même on ſuppoſeroit que cet air intérieur, eût une action quelconque, pourvû que cette action ne changeât rien à ſa maſſe, ni à la communication libre qu'il a avec l'air environnant, les choſes ſubſiſteroient encore dans le même état.

On me dira peut-être que la comparaiſon péche, en ce que non-ſeulement le feu eſt en action dans le fer échauffé, mais qu'il y en a auſſi une plus grande quantité, que lorſqu'il eſt froid.

Hé bien, faiſons donc entrer dans notre ballon plus d'air qu'il n'y en a, pour conſerver une parité plus parfaite; mais il faut qu'on m'accorde auſſi que le ballon imaginaire devient plus grand, à meſure qu'il y entre plus d'air; car on verra par la ſuite qu'un morceau de métal qui s'échauffe augmente de volume à proportion; alors je ne vois pas pourquoi l'équilibre ne pourroit pas ſubſiſter comme auparavant, ſurtout lorſqu'il s'agit d'un équilibre, qui ne peut être altéré ſenſiblement que par une inégalité de poids aſſez conſidérable, à cauſe des imperfections inévitables des inſtrumens qu'on eſt

obligé d'employer en pareils cas.

XIII. LEÇON.

Mais si par ces raisons le fer embrasé de Boerhaave n'a pas dû paroître plus pesant, pourquoi l'antimoine & le plomb calcinés de M. Homberg l'ont-ils été d'une quantité si considérable? & pourquoi toutes les matiéres qui éprouvent un même dégré de feu, n'augmentent-elles point également en poids? Voici ce que je réponds à ces difficultés.

Ou l'augmentation de poids dans ces minéraux ne vient point du feu, & alors il faut convenir que la pesanteur de cet élément n'est point prouvée par l'expérience, & s'en tenir à la probabilité fondée sur ce que le feu est une matiére, & que toute matiére connue est pesante; ou bien on peut supposer qu'il y a certains corps où le feu demeure concentré après la calcination, au lieu de s'évaporer comme il fait le plus communément, & dont le refroidissement n'est qu'un simple ralentissement de l'action du feu; ralentissement qui seroit très-compatible avec une plus grande quantité de ce fluide assoupi, & comme fixé par la nouvelle disposition des

des parties qui le renferment, & qui le retiennent. Ne sçait-on pas, que par la calcination, ou par une simple torréfaction, nombre de matiéres deviennent propres à rendre de la lumiére, à fermenter, à s'enflammer, à fulminer même; tous ces exemples, que j'aurai occasion de faire voir dans la suite de ces Leçons, favorisent beaucoup ma derniére hypothése.

Je conclus donc que le feu, considéré dans son principe, est une vraie matiére: premiérement parce qu'il en a les attributs les plus essentiels, l'étendue & la solidité; secondement, parce qu'il en posséde aussi les propriétés les plus communes, comme la mobilité, ce qui est incontestable, & la pesanteur, selon toute apparence.

Cette matiére est un être à part, dont la nature est fixe & inaltérable; je ne puis croire, comme l'ont pensé quelques Auteurs, que ce soit un mixte résultant de l'assemblage de certaines substances réunies, & animées par un mouvement de fermentation: car il en faudra toujours revenir à expliquer cette espéce de mouvement

XIII. LEÇON.

qu'on ſuppoſe, & qui différe des autres, en ce qu'au lieu de ſe repréſenter comme eux avec déchet, ou tout au plus ſans perte, il ſe montre toujours plus grand que la cauſe apparente qui le fait naître. Quand on me dira que des ſels, du ſoufre, de l'air, &c. mélés enſemble à certaines doſes compoſent du feu, parce que ces matiéres fermentent; je n'en ſerai pas mieux inſtruit, ſi l'on ne m'apprend d'où procéde ce mouvement de fermentation, qui a la propriété de croître comme de lui-même, & ſans qu'on y applique une nouvelle cauſe. Dans toutes ces matiéres qu'on me préſente comme les principes du feu, je ne vois, comme dans tous les autres corps, que des petites maſſes diſpoſées à partager ſeulement une certaine quantité de mouvement qu'une autre maſſe leur imprimera, mais abſolument incapables d'y rien ajouter par elles-mêmes; l'exemple d'un petit ferment qui vient à bout de remuer, de ſoulever une grande quantité de matiére, n'eſt qu'une comparaiſon qui n'éclaircit rien quant au fond,

& qui a besoin elle-même d'être expliquée.

D'ailleurs, je ne vois pas ces prétendus principes du feu au foyer d'un miroir concave, ni à celui d'un verre lenticulaire, où les pierres se calcinent, où les métaux se fondent & se vitrifient. Dira-t-on que ces rayons rassemblés ne sont pas un véritable feu ? ou bien en faudra-t-il distinguer de deux espéces dans la Nature ? La premiére prétention seroit absurde ; la seconde seroit sans fondement.

Le feu élémentaire doit être considéré comme un fluide, mais un fluide qui ne cesse jamais de l'être : ses parties, lorsqu'elles se mêlent à celles des autres corps, peuvent bien s'unir, se fixer, pour ainsi dire, & prendre consistance avec elles, à peu près comme l'air dont on trouve des particules disséminées dans toutes les substances terrestres ; mais ces mêmes parties n'affectent jamais une pareille union entr'elles, jamais on ne voit la matiére propre du feu, quelque condensée qu'elle puisse être, former une masse compacte ; ce cône lumineux & brûlant, dont le sommet forme le

XIII. LEÇON.

foyer du plus grand miroir ardent, est encore plus divisible, plus liquide, que l'air même dans lequel il est; & dès que l'on voile la surface réfléchissante sur laquelle sa base est appuyée, il disparoît dans un instant, sans qu'il en reste aucune marque dans le lieu qu'il occupoit.

Non-seulement le feu est constamment fluide par lui-même, mais il y a toute apparence qu'il est la cause principale de toute fluidité, comme je l'ai déja avancé en plusieurs endroits de cet Ouvrage, & comme il sera facile de s'en convaincre par les faits que je rapporterai dans la troisiéme Section. C'est à l'aide de cet élément que les parties des corps se soulévent, qu'elles se détachent les unes des autres, & qu'elles jouissent de cette mobilité respective qui distingue le corps fluide de celui qu'on nomme solide : c'est par le ralentissement ou par l'absence de ce même élément que ces particules qui étoient mobiles entr'elles, qui rouloient les unes sur les autres au gré de leur pesanteur, ou de toute autre impulsion, se rapprochent, se touchent davantage, se

lient & prennent consistance.

XIII. LEÇON.

Ce qui donne un grand poids à cette idée, (qui d'ailleurs est généralement reçue,) c'est que les corps qui se liquefient par l'action du feu, augmentent de volume, & qu'au contraire ceux qui se durcissent en se refroidissant, diminuent de grandeur; ce qui doit être nécessairement, si ces deux états (la liquidité & la solidité) sont causés, comme nous le disons, par un fluide étranger qu'on force d'entrer dans une certaine portion de matiére, ou qu'on en fait sortir: car il est naturel que deux quantités de matiére jointes ensemble occupent plus de place, que l'une des deux séparée de l'autre.

On pourra m'objecter qu'on voit souvent des corps diminuer de grandeur par l'action du feu; les rayons du Soleil, en desséchant la boue des rues, la font presque disparoître. Dans les grandes chaleurs, on voit la terre s'entrouvrir de tous côtés, ce qui vient sans doute, de ce que l'étendue de sa surface diminue; le sel, le sucre, &c. perdent aussi de leur volume dans les étuves.

XIII. Leçon,

Dans tous ces exemples, & dans une infinité d'autres, qu'on pourroit encore citer, le feu a deux effets. Le premier, & qui est le plus considérable, est d'enlever par évaporation l'eau dont ces différentes matiéres sont pénétrées; & cette diminution qui se fait de la masse, diminution dont il est facile de se convaincre par l'épreuve de la balance, est assez grande le plus souvent pour occasionner celle du volume. Le second effet consiste à raréfier la matiére propre des corps qui se desséchent en s'échauffant, & cette raréfaction en augmente réellement la grandeur. Le même sujet devient donc en même-tems plus petit & plus grand à certains égards: plus petit, qu'il ne seroit s'il conservoit l'humidité qu'on lui fait perdre; plus grand qu'il n'auroit été, si le desséchement, l'évaporation de l'eau se faisoit par une chaleur plus lente & moins forcée; ainsi dans les cas dont il s'agit, comme dans tous les autres, le feu qui s'introduit dans les corps, en augmente réellement le volume; mais souvent cette augmentation est plus que compensée par la diminu-

tion qui ſuit néceſſairement d'une portion conſidérable, retranchée ou enlevée de la maſſe, de ſorte que nos ſens ne ſaiſiſſent ordinairement que ce dernier effet.

Il ſe préſente une difficulté plus ſpécieuſe & plus embarraſſante que celle à laquelle je viens de répondre, dans la congélation de l'eau, dans le fer fondu, & dans quelques autres matiéres qui augmentent réellement de volume, en prenant conſiſtance de ſolide; c'eſt-à-dire, en perdant une grande partie du feu dont elles étoient pénétrées. Mais je crois avoir donné des raiſons plauſibles de ces exceptions remarquables dans la Leçon précédente, * c'eſt pourquoi je ne m'y arrêterai pas davantage.

* 3e ſection, pag. 104.

De tous les fluides que nous connoiſſons par nos ſens, il n'en eſt aucun dont les parties égalent en fineſſe, en ténuité, celles du feu proprement dit : une réflexion très-ſimple peut nous convaincre de cette vérité. L'eau, les huiles, les liqueurs ſpiritueuſes & les plus volatiles, les odeurs les plus pénétrantes, l'air même, au moins celui que nous reſpirons, &

XIII. Leçon.

qui nous eſt le plus connu, ſe contiennent dans des vaiſſeaux de métal, de verre, &c. pourvu qu'ils ſoient exactement bouchés, & on les en exclut de même : mais on ne connoît aucun moyen d'empêcher que le feu ne paſſe ou ne s'étende d'un lieu dans un autre, aucun moyen de l'aſſujettir & de le fixer lorſqu'il eſt en action; on peut bien modérer ſes mouvemens, rallentir ſa marche par l'interpoſition de quelque autre matiére; mais cet obſtacle, quel qu'il ſoit, le laiſſe enfin échapper, ou lui donne accès. La plus groſſe maſſe, le corps le plus compact, le plus dur, le plus froid, en apparence, s'échauffe dans toute ſon épaiſſeur, ſi le feu l'attaque ſeulement par un côté : le poiſſon qui nage au fond de la mer, jouit à la longue de la douce température qui régne dans l'air : & la chaleur moyenne qu'on reſſent dans certaines ſaiſons, à la ſurface de la terre, ſe retrouve dans les ſouterreins les plus profonds.

De quelle dureté, de quelle ſolidité ne doivent point être les particules ignées! Rien ne leur réſiſte, & elles ré-

ſiſtent à tout : un diamant qu'on laiſſe tomber dans le feu s'y dépolit, ſes angles s'y émouſſent: il y perd ſa tranſparence : tous les mixtes s'y décompoſent, au point que leurs principes, recueillis avec le plus grand ſoin & remis enſemble, ne reprennent jamais la même forme qu'ils avoient avant la déſunion: ces principes mêmes ſe ſubdiviſent encore par un plus grand feu, de ſorte que cet élément peut être regardé avec raiſon comme un diſſolvant univerſel.

S'il agit ſur des matiéres plus ſimples, les parties qu'il déſunit pourront bien garder leur premiére forme, quand on les remettra enſemble, mais il portera leur diviſion au-delà de tout ce qu'on oſeroit penſer, ſi des faits bien conſtans ne ſoutenoient un peu l'imagination. Nous avons fait voir * une très-petite goutte d'eau diviſée, juſqu'à remplir une ſphére creuſe de verre, qui avoit preſque deux pouces de diamétre. Mais pour entamer de ſi petits corps, & pour les diviſer à un tel degré, quelle fineſſe & quelle dureté ne doit-on pas ſuppoſer à un agent qui en vient à bout !

* Tom. 4. 11e Leçon. p. 74.

Ce que le feu opére ſur les autres

XIII. LEÇON.

corps, aucun d'entr'eux ne le fait sur lui: connoît-on quelque matiére qui ait prise sur celle du feu ? Outre que l'expérience ne nous offre rien qui nous mette en droit de le penser, le raisonnement nous conduit à croire que cela est impossible ; car puisque nous voyons cet élément diviser toutes les substances sensibles, jusques dans leurs moindres parties, on ne voit pas comment ces parties nécessairement plus grossiéres que l'instrument qui les désunit, pourroient l'entamer.

La grande dureté des parties ignées résulte de leur extrême petitesse ; car les corps sont d'autant moins compressibles, qu'ils ont moins de pores, & par conséquent d'autant moins, qu'ils approchent plus de la premiére simplicité, par le petit nombre des particules qui les composent ; on conçoit aisément qu'un être matériel qui seroit un, qui ne seroit point composé de plusieurs particules unies dans le même tout, on conçoit, dis-je, qu'un petit corps de cette espéce seroit véritablement un *atôme*, ne pourroit jamais être entamé, qu'il seroit inalté-

table ; ainsi puisque les parties du feu élémentaire sont capables de tout diviser, & que rien de tout ce que nous connoissons, n'est impénétrable pour elles, il faut bien que rien ne les égale en finesse, en ténuité, ni par conséquent en dureté, en solidité.

Ce qu'il y a de plus admirable, je dirois même de plus effrayant, si nous étions moins accoutumés à voir subsister les choses telles qu'elles sont, & si nous pouvions ignorer que tous les ressorts de la Nature sont modérés par une Sagesse qui est infiniment au-dessus de nos foibles conceptions ; ce qu'il y a, dis-je, de plus admirable, c'est que cet élément qui est capable de tout détruire, de tout dissoudre, réside par-tout. Il est dans l'air que nous respirons, & dans lequel nous vivons depuis l'instant de notre naissance ; il est dans la terre sur laquelle nous marchons; il est dans toutes les substances que nous touchons, ou qui passent dans nos corps par forme d'aliment ; il est au-dedans de nous-mêmes, nous n'avons pas un grain pesant de chair ou d'os qui n'en soit plus intimement pénétré, qu'une

XIII. LEÇON.

éponge ne l'eſt par l'eau, quand elle y eſt plongée. Sa préſence eſt univerſelle & pour les lieux & pour les tems: en quelque endroit du monde qu'on ſe transporte, à quelque heure du jour ou de l'année qu'on l'éprouve, on peut rendre le feu ſenſible, ſi l'on employe les moyens convenables.

On ſçait que le thermométre eſt un inſtrument qui indique les dégrés de chaud & de froid; ou pour parler plus phyſiquement, les augmentations & les diminutions de la chaleur; car ce qu'on nomme communément le *froid*, n'eſt qu'un moindre chaud, comme nous le prouverons dans la ſuite: or ſi l'on convient que la chaleur eſt un effet du feu, on ſe perſuadera aiſément que cet élément eſt préſent en tout tems, en tout lieu, en faiſant les réflexions qui ſuivent.

Puiſque dans tous les tems de l'année, & dans tous les lieux du monde, un thermométre expoſé à l'air libre, ſouffre des variations ſenſibles, puiſque la liqueur s'éléve plus ou moins dans le tube; c'eſt une preuve inconteſtable que toujours & par tout cet inſtrument eſt plongé dans une ma-

tiére qui le fait paroître tantôt plus, tantôt moins plein; & cette matiére n'eſt point l'air qui l'environne, car nous ſçavons qu'il ne pénétre point le verre; c'eſt donc un autre fluide plus ſubtil, & ce fluide eſt celui d'où procéde la chaleur, puiſque le thermométre ne paroît jamais ſe remplir davantage, que la chaleur n'augmente en même-tems; l'air de notre atmoſphére contient donc toujours de cette matiére, que nous appellons feu élémentaire.

Qu'on applique le thermométre à tel autre corps qu'on voudra, ſoit liquide, ſoit ſolide, en quelque tems que ce ſoit, ou la liqueur de l'inſtrument pourra deſcendre, ou elle pourra monter: ſi elle monte, il eſt inconteſtable que cette matiére qui touche le thermométre, a un certain degré de chaleur, qu'elle contient une certaine quantité de feu en action. Si elle deſcend, c'eſt une marque que cette matiére eſt moins chaude, qu'elle contient un feu moins animé que celui du milieu d'où ſort l'inſtrument; mais cette matiére fût-elle de la glace, je ſoutiens qu'elle n'eſt point entiére-

XIII. LEÇON.

ment privée de feu; car on a vû dans la Leçon précédente, * qu'en y mêlant du sel on la rendroit plus froide qu'elle n'est; de sorte que si le thermométre avoit été plongé pendant quelque tems dans cette glace refroidie, & qu'on le remît ensuite dans de nouvelle glace toute pure, il s'y réchaufferoit indubitablement, sa liqueur s'éléveroit dans le tube.

* 3e section, p. 139.

Ce que je dis de cette glace simple, auroit lieu par rapport à celle qui est refroidie par l'addition du sel, si le thermométre sortoit d'une matiére encore plus froide: & qui sçait quel est le dernier terme possible de froid, ou pour parler plus exactement, jusqu'à quel point un lieu ou une matiére peut être privée du feu, ou de la chaleur?

Ces épreuves ont le même succès dans le vuide, le thermométre y est sujet à des variations très-sensibles; ainsi l'on peut conclure en toute sûreté que la matiére du feu est partout, puisqu'il n'y a aucun espace connu, plein ou vuide des substances que nous connoissons, où son action ne se fasse sentir.

Mais si la chaleur actuelle n'étoit pas un signe assez certain de la présence & de l'action du feu, on devroit au moins se rendre, quand il se manifeste par l'embrasement, quand il éclate en lumiére: & ne sçait-on pas que la nuit comme le jour, & par-tout où l'on se trouve, on peut faire étinceler deux cailloux ou deux grès que l'on heurte l'un contre l'autre? que le fer d'un cheval ou la bande d'une roue de charrette qui glisse sur le pavé, y fait communément une traînée de feu? que les essieux des roues s'enflamment par le frottement, & que la lime du Serrurier met un morceau de métal en état d'allumer du bois?

XIII. LEÇON.

Rien ne prouve mieux cette présence universelle du feu, que ces phénoménes admirables que nous offre l'électricité: on ne peut plus douter, sans affecter de l'obstination, que la matiére dont la Nature se sert pour opérer ces merveilles, ne soit, (au moins quand au fond) la même que le feu élémentaire; mais cette matiére se trouve par-tout, puisque tout s'électrise; elle s'y trouve toujours, puisque l'on peut toujours électriser,

XIII. LEÇON.

Quand on s'eſt bien convaincu par l'inſpection des faits que la matiére électrique & celle du feu ſont eſſentiellement la même choſe; il n'eſt guéres poſſible alors d'attribuer la chaleur & l'embraſement au ſeul mouvement des parties propres du corps qui s'échauffe ou qui brûle: car ce fluide qu'on voit couler d'une barre de fer, ou du doigt d'une perſonne électriſée, n'eſt certainement ni du métal ni de la chair; il eſt même d'une nature tout-à-fait différente de ces ſels, de ces huiles, de cet air au mêlange & à la fermentation deſquels on attribue l'eſſence du feu. Par de pareils extraits, un corps perdroit ſa propre ſubſtance, il s'épuiſeroit enfin; au lieu que cette matiére enflammée qui s'élance du corps électriſé, & qui allume des liqueurs inflammables, ne paroît tenir preſque en rien aux parties propres du corps d'où elle émane.

On croit aſſez communément que certaines matiéres contiennent plus de feu que d'autres, qu'il y en a plus dans le ſoufre, par exemple, dans l'huile, dans l'eſprit-de-vin, dans la poudre à canon, dans le phoſphore d'urine,

d'urine, que dans bien d'autres corps dont la porosité seroit même égale à celle de ces matiéres; & cette opinion est très-probable: elle est au moins fort commode pour rendre raison de la prompte inflammabilité qui distingue certaines substances des autres; & sans elle, il me semble qu'on doit avoir beaucoup de peine à expliquer l'augmentation du poids des métaux calcinés, si cette augmentation est aussi réelle qu'apparente.

XIII. LEÇON.

Cependant Boerhaave, dont l'autorité est ici d'un grand poids, n'est point de ce sentiment; il pense que la matiére du feu est uniformément répandue par-tout, dans les solides comme dans les milieux fluides, en raison des espaces qu'elle y trouve à remplir; de maniére qu'un corps inflammable, selon lui, ne différe pas d'un autre, parce qu'il contient une plus grande quantité de feu, mais seulement parce que ses parties propres sont de nature à se prêter plus aisément à l'action du feu, quand elle viendra à être excitée. La raison qu'il en donne, & qui est très-spécieuse, c'est, dit-il, que tous les corps, quand

XIII. Leçon.

ils ont été un tems ſuffiſant dans le même lieu, prennent tous la même température : un thermométre plongé dans l'eau, & enſuite dans l'eſprit-de-vin, ou dans une huile quelconque, ſe tient toujours au même degré ; & cependant il eſt indubitable que ni dans l'une ni dans l'autre liqueur l'action du feu n'eſt entiérement éteinte : comment donc cette action ne ſeroit-elle pas plus grande dans l'eſprit-de-vin que dans l'eau, s'il y avoit un plus grand nombre de parties ignées agiſſantes en même tems ?

Il eſt certain que ceci forme une difficulté conſidérable : mais on en trouve auſſi de fort grandes dans l'opinion de Boerhaave. Car en ſuppoſant avec lui que l'inflammabilité des corps conſiſte ſeulement dans une diſpoſition des parties plus ou moins grande à ſe mettre en action quand le feu qu'elles renferment les y ſollicite; on ſera toujours en peine de ſçavoir pourquoi cette puiſſance interne, qui paroît être la même dans tous les corps d'un même lieu, à en juger par le thermométre, n'a pas des effets plus grands & plus prompts

ſur ceux de ces corps, dont on croit que les parties oppoſent moins de réſiſtance. Si l'eſprit-de-vin, par exemple, eſt plus inflammable que l'eau, par cette raiſon qu'il eſt compoſé de principes plus diſpoſés à obéir aux efforts du feu qu'il renferme; pourquoi ces efforts qui ne ſont pas moindres en lui qu'ils le ſont dans l'eau, comme on le ſuppoſe, n'agiſſent-ils pas avec plus d'efficacité ſur ſes parties que ſur celles de l'eau?

Quelque parti que l'on prenne ſur cette queſtion, on doit donc s'attendre à être arrêté par des difficultés; l'imagination nous offriroit peut-être des moyens pour y répondre; mais ce n'eſt point d'elle ſeule que nous voulons recevoir des ſolutions; nous avons réſolu dès le commencement de cet Ouvrage de ne la point écouter, ſi l'expérience ne parle pour elle; les faits qui peuvent nous éclairer ſur ce qui nous arrête ici appartiennent à la Leçon qui ſuivra celle-ci: il convient donc de ſuſpendre notre jugement, juſqu'à ce que nous les ayons vus & diſcutés.

Contentons-nous de ſçavoir pour le

XIII. LEÇON.

présent que le feu élémentaire, le principe & la cause de tous les feux, dont nous faisons usage selon nos besoins, est une vraie matiére distinguée par son essence de toutes les autres qu'elle anime de son propre mouvement : fluide par excellence, & incapable de sortir de cet état, d'une dureté & d'une subtilité sans pareille & toujours présente par-tout. Portons ensuite nos réflexions sur sa maniére d'être, & concevons, s'il est possible, comment l'action du feu se propage ; par quel méchanisme secret il se peut faire qu'un petit embrasement en cause un plus grand, comme nous voyons que cela arrive tous les jours.

ARTICLE II.

De la Propagation du Feu.

LA propagation du feu, comme je l'ai déja remarqué, quand elle est portée jusqu'à l'inflammation, n'est point un phénoméne qu'on puisse jamais expliquer par la simple communication d'une quantité de mouvement déterminée, si l'on ne considére que

le moteur apparent, & que l'on régle ses raisonnemens selon ce qui nous est connu des loix que suit la nature dans le choc des corps. Quand une matiére s'embrase en conséquence du mouvement qu'on lui imprime par dehors, il faut de toute nécessité que le choc ou le frottement, premiere cause de son inflammation, soit aidé par une puissance préexistante, qui n'attendoit que l'occasion de se manifester, par une puissance qui est comme en équilibre avec la cohérence des parties propres du corps inflammable, & qui devient victorieuse, lorsqu'un pouvoir extérieur vient ébranler ce qui la retient, & lui donner à elle un nouveau dégré d'activité. Sans cela tout ce que je vois arriver après le choc d'un caillou tranchant contre un morceau d'acier trempé, l'étincelle qui pétille à mes yeux, l'embrasement de l'amadou, l'inflammation d'une allumette, d'un fagot, d'un bûcher tout entier, &c. tout cela me représente des effets qui excédent infiniment leur cause, & si cette cause est unique, tout ce que j'ai vu est miracle; car c'est une loi fondamentale en Phy-

XIII. LEÇON.

sique, un axiome reçu de tout le monde, que l'effet ne peut pas être plus grand que sa cause.

Ce fut apparemment cette considération qui porta l'Académie des Sciences à proposer pour le sujet du prix en 1738. la question *de la nature & de la propagation du feu*, question qu'elle regarda sans doute comme inportante & comme très-difficile, puisque par la publication de son programme elle s'adressa à tous les Sçavans du monde, pour tâcher d'en avoir la solution.

De toutes les piéces qui concoururent, trois furent couronnées par l'Académie, & deux autres furent jugées dignes de l'impression; ces deux derniéres auroient peut-être même partagé le prix avec les trois premiéres, si leurs Auteurs, à l'imitation du sage Boerhaave, ne se fussent beaucoup plus occupés des choses sur lesquelles on peut consulter l'expérience, que de la question proposée, qui étoit cependant le principal objet qu'il falloit remplir dans cette occasion.

Les trois premieres piéces contiennent des choses fort ingénieuses sur la propagation du feu: on sent bien

que tout ce qu'on peut dire ſur une telle queſtion, doit indiſpenſablement tenir à quelque hypothéſe; mais j'en trouve une parmi les autres, qui m'a toujours paru ſi naturelle, & quadrer ſi bien avec ce que nos ſens nous apprennent touchant le feu & ſes différens progrès, que je n'ai jamais balancé à lui donner la préférence; cette hypothéſe eſt du célébre M. Euler alors Profeſſeur de Mathématiques à Petersbourg, & Membre de l'Académie Royale des Sciences de Berlin où il eſt préſentement. C'eſt principalement en ſuivant les idées de ce ſçavant Mathématicien que je vais tâcher de faire entendre en peu de mots comment le feu contenu dans l'intérieur d'un corps combuſtible devient capable d'un effet qui ſurpaſſe en apparence le pouvoir dont on ſe ſert, pour le mettre en action.

Il paroît que l'action du feu s'étend dans les corps de deux façons différentes; quelquefois elle n'y cauſe que ce mouvement inteſtin des parties, qu'on nomme *Chaleur* par rapport à nos ſens, & qui ſe paſſe ſans diſſipation notable; tel eſt l'état d'un mor-

XIII. LEÇON.

ceau de pierre ou de métal que l'on plonge pendant un certain tems dans une chaudiére pleine d'eau qu'on a fait chauffer. D'autres fois elle agite tellement la matiére propre du corps dans lequel elle s'exerce, qu'elle en désunit les molécules, qu'elle les enléve, & les dissipe, comme on voit qu'il arrive à un morceau de bois que l'on a posé sur des charbons ardens.

Lorsqu'il n'y a qu'une communication de chaleur, tout se passe en apparence conformément aux loix connues; le corps qui en échauffe un autre ne donne pas plus, pas même autant qu'il a reçu : & la chaleur acquise l'est toujours aux dépens de celle qu'on employe pour la communiquer; comme une masse en repos ne reçoit du mouvement, qu'en partageant celui d'une autre masse qui l'a choquée. Voilà comme les choses se passent en général; s'il y a quelques exceptions, quelques particularités à remarquer à cet égard, elles peuvent s'attribuer à des causes accidentelles, & ce n'est point ici le lieu d'en faire mention.

C'est donc principalement pour les cas, où il y a embrasement ou dispersion

ſion des parties, que nous devons imaginer à la matiére du feu une ſorte de mouvement, ou de tendance qui la mette en état de faire comme d'elle-même ces progrès ſenſibles après le premier choc qui commence à l'animer. Imaginons donc, ou plutôt exposons ce qu'on a imaginé, & ſoutenons les poſſibilités que nous aurons avancées, par des exemples qui les rendront intelligibles & vraiſemblables.

Il eſt poſſible, & c'eſt une idée reçue depuis long-tems par les plus habiles & les plus célébres Phyſiciens,* que la matiére du feu ait de ſa nature une force expanſive, c'eſt-à-dire, que chacune de ses molécules peut être conçue comme un petit ballon comprimé, qui tend à s'étendre de toutes parts, ou comme un aſſemblage de petites parties, qui font effort pour s'écarter l'une de l'autre, & à s'étendre de tous côtés pour occuper un plus grand eſpace, à peu près comme nous voyons que les plus petits globules de notre air s'étendent, & s'aggrandiſſent, quand on leur en donne lieu.

* *Malebranche, Mém. de l'Acad. des Sc.* 1699. p. 33.
Lemery. Ibid 1709. p. 400.
Boerhaave. * *Elem. Chemiæ*, p. 192.

Tranſportons maintenant cette premiére idée à des corps ſenſibles, &

XIII. LEÇON.

ſuppoſons qu'on ait mis dans un panier une centaine de petits globes de verre creux, remplis d'air comprimé, bien bouchés, & tellement minces qu'à peine ils puiſſent réſiſter à l'effort du fluide qu'ils renferment ; ſi par le plus petit accident quelques-uns de ces globes fragiles viennent à être heurtés, on conçoit bien que ce petit choc aidé de la réaction du fluide élaſtique qui eſt renfermé, ébranlera les parties du verre, juſqu'à le briſer ; & que ſes fragmens pouſſés violemment par l'air qui ſe dilate, pourront briſer les globes voiſins, qui par les mêmes raiſons étendront le dommage.

Ne voyons-nous pas quelque choſe d'aſſez ſemblable à cet effet, & de plus analogue au ſujet dont il s'agit, dans l'embraſement ſubit d'une charge de poudre à canon cauſée par la ſeule inflammation de quelques grains ? Chacun de ces grains peut être conſidéré comme un petit ballon extrêmement fragile à l'égard des parties du feu qu'il renferme ; car en quoi conſiſte la fragilité d'un corps ? C'eſt ſans doute dans la facilité avec laquelle les parties peuvent être déſunies ;

or le salpêtre ou le soufre, le charbon qui composent la poudre avec l'air qui ne manque pas de s'y mêler, sont toutes matiéres que le feu désunit très-facilement, & qui ne peuvent que très-peu résister à son action.

XIII. LEÇON.

Il y a sans doute une grande disparité dans la comparaison que je fais des grains de poudre avec des globules de verre remplis d'air comprimé, & qui se brisent par un effort extérieur; car l'étincelle qui allume la poudre, n'a probablement son effet, que parce qu'elle anime immédiatement le feu que ce grain contient au-dedans de lui-même: mais on doit présumer que ce premier ballon que je fais rompre par le choc, se briseroit également, si une cause quelconque augmentoit d'un dégré seulement la force expansive de l'air qu'il contient, & que les plus prochains éclateroient ensuite, si cette premiere portion d'air, en s'échappant de sa prison, faisoit sur les autres ce que la premiere cause a opéré sur elle. En retenant donc cette premiére idée qui naît de notre comparaison, sçavoir, qu'un corps inflammable comme un grain de poudre à canon, par

XIII. LEÇON.

exemple, eſt un aſſemblage de petites portions de feu dont chacune eſt enveloppée d'une autre matiére non expanſible par elle-même, mais toute prête à ſe diviſer, dès que l'expanſion du fluide qu'elle contient l'y forcera, en retenant, dis-je, cette premiére idée, voyons comment une étincelle de feu appliquée extérieurement pourra produire cet effet.

On ſe ſouviendra ici que tous les corps ſont poreux, quelque petits qu'ils ſoient, juſqu'aux parties élémentaires excluſivement : que quand pluſieurs particules de matiéres s'aſſemblent pour former une petite maſſe, leur jonction n'eſt jamais telle, qu'il ne reſte entre elles des petits vuides à remplir, comme je l'ai expliqué & prouvé dans la ſeconde Leçon. * Ainſi quand nous nous repréſentons une molécule de feu, envelopée d'une pellicule de ce mélange dont on fait la poudre, nous devons ſonger que cette envelope eſt mal jointe, & que le feu qui en occupe l'intérieur, & qui s'y contient, tant que ſa vertu expanſive n'eſt pas ſuffiſante pour forcer ces paſſages étroits, ne manquera pas de

* *Tom. I. pag. 83. ſuiv.*

les franchir, si son action vient à augmenter.

Et si cette action augmentée peut bien transmettre les parties ignées du dedans au dehors, elle pourra de même les faire passer du dehors au dedans d'une pareille envelope, & animer du même mouvement les portions de feu qui seront enfermées comme elle dans son voisinage.

Ainsi de proche en proche toutes les portions de feu s'animeront, rompront leur enveloppe, en dissiperont les fragmens, & se mettront en liberté; & de toutes les expansions particuliéres, il se fera une explosion totale, qui sera plus ou moins prompte suivant certaines conditions dont je vais parler. Mais avant que d'aller plus loin, il faut que je prévienne une difficulté qui se présente assez naturellement.

Pourquoi, dira-t-on, cette petite portion de feu enveloppée, comme je le suppose, brise-t-elle sa prison, & pourquoi en disperse-t-elle tous les débris, s'il est vrai qu'elle y trouve des passages ouverts pour s'échapper?

C'est que son activité est beaucoup

XIII. LEÇON.

plus grande que la liberté qu'elle a de s'échapper par ces iſſues trop étroites ; ſon exploſion eſt ſans doute un peu moins violente qu'elle ne feroit, ſi elle étoit plus exactement renfermée : mais elle ne doit pas être nulle ; une bombe qui auroit quelques crevaſſes éclateroit, je l'avoue, avec moins de force, que ſi elle étoit bien entiére, mais elle éclateroit toujours, comme on le peut croire.

Plus ces petites portions de feu enveloppées de ces véſicules fragiles & poreuſes dont je viens de parler, ſeront nombreuſes dans un même tout, plus elles auront de communication enſemble, plus ce tout ſera combuſtible ; la moindre étincelle l'embraſera dans toutes ſes parties, à peine en reſtera-t-il quelques veſtiges. C'eſt ainſi que certaines matiéres s'enflamment d'abord, & ſe diſſipent en très-peu de tems.

Mais ſi les envelopes du feu ont plus de conſiſtance, que leurs pores ſoient trop ou trop peu ouverts, que leur communication ſoit interrompue par des particules de matiére d'une autre eſpéce ; alors les progrès de l'embra-

sement seront rallentis ; il faudra plus de tems pour que l'action du feu se transmette ; & quand les parties du mixte les plus propres à céder à cette action auront été dissipées par l'inflammation, il en restera d'autres qui n'auront été qu'échauffées, & qui se seront conservées entiéres. Allumez de l'eau-de-vie, la partie spiritueuse sera enflammée & dissipée : mais l'eau, ou ce qu'on nomme *le flegme*, restera au fond du vase avec un peu de chaleur qu'elle aura acquise. Considérez encore ce qui arrive à une bûche que l'on met au feu, elle se détruit quant aux parties qui peuvent céder à l'action du feu que vous y appliquez : mais il vous reste dans la cendre, la terre & le sel fixe que ce même degré de feu n'a point entamés.

XIII. LEÇON.

Ainsi une matiére est plus ou moins inflammable selon que le feu qu'elle contient se trouve enveloppé de parties plus ou moins promptes à céder à son action, & que ces petits assemblages sont moins interrompus par des parties d'une espéce différente.

Mais si le feu est présent par-tout, comme nous le supposons, il doit y

XIII. LEÇON.

en avoir aussi dans ces particules de matiére qui retardent l'inflammation des autres. On doit aussi considérer ces corpuscules commes des ballons dont l'intérieur est plein de feu ; & comme tout est poreux, il y a aussi une communication ouverte du dehors au dedans ; comment ne crevent ils pas comme les premiers ? par quelle raison restent-ils entiers ? en un mot pourquoi l'embrasement & la dispersion des parties n'est-elle pas générale? Le paragraphe précédent contient en substance de quoi répondre à cette difficulté. Dans un corps mixte toutes les parties qui renferment du feu dans leur intérieur, ne sont pas également disposées à céder au même degré d'activité de cet élément : telles se brisent & se dissolvent d'abord, tandis que d'autres ou plus consistantes résistent à ce premier effort, ou plus poreuses peut-être offrent au feu qui les distend des issues par lesquelles il peut s'échaper avec une promptitude presque égale à son pouvoir expansif. Dans la comparaison des globes de verre creux nous les avons supposés tous également fragiles : mais si plusieurs

d'entre eux avoient cinq ou ſix fois plus d'épaiſſeur, non-ſeulement ceux-ci demeureroient entiers: mais on conçoit auſſi que par leur interpoſition ils pourroient ou empêcher ou modérer la diſſolution des autres.

Mais ces particules de matiére qui réſiſtent communément à la premiere action du feu, ſe déſuniſſent & ſe diſſipent, ou ſe diſſolvent comme les autres, quand cette action dure plus long-tems, ou qu'elle acquiert une plus grande intenſité. Ainſi les parties les plus fixes des corps mixtes, le ſel, par exemple, ſe convertit en liqueur, & la terre ou ſe vitrifie, ou devient une pouſſiere impalpable, & tous ces effets nous prouvent toujours une extrême diviſion.

Il eſt preſque inutile d'avertir que ces petits ballons remplis de feu que nous ſuppoſons, pour expliquer l'embraſement des mixtes, ne doivent pas être conſidérés comme quelque choſe de ſenſible: ces petits êtres, s'ils exiſtent tels que l'imagination nous les repréſente, quant à la forme, doivent être d'une telle fineſſe, que le plus petit corps apperçu au microſcope, en con-

XIII. LEÇON.

tienne un grand nombre. La prodigieuse divisibilité de la matiére dont nous avons donné des preuves dans la premiere Leçon, * & l'extrême subtilité du feu qui est capable de tout diviser, nous autorise à faire cette supposition. La fibre la plus mince tant du regne animal que du regne végetal, le plus petit grain de métal que les yeux puissent saisir, n'est donc qu'un assemblage imperceptible de tous ces petits êtres, de toutes ces petites masses composées elles-mêmes de plusieurs piéces, ayant cela de commun entre elles que leur centre est occupé par une petite portion de feu, différant les unes des autres en ce qu'elles ne sont pas également capables de résister à tous les dégrés d'expansion que ce fluide interne pourra exercer contre elles.

* Tom. I. pag. 19. & suiv.

Nous pouvons ajouter encore que comme le feu est présent par-tout, non-seulement il occupe l'intérieur de ces petites masses où il est renfermé, mais il se loge aussi dans tous les petits vuides qu'elles laissent entre elles, de sorte que ces pores remplis de feu, & communiquant les uns aux autres jusqu'à

la surface, sont toujours prêts à transmettre jusqu'aux parties les plus intimes l'action du corps enflammé qu'on applique extérieurement; à peu près comme une traînée de poudre à laquelle on met le feu, va porter l'inflammation à la mine qui est cachée plus loin.

On voit par tout ce que je viens de dire que l'embrasement des corps, effet presque toujours plus grand que la cause visible d'où il procéde, rentre dans l'ordre des phénoménes intelligibles, si l'on admet le méchanisme que je viens de supposer, si l'on se représente chaque portion de feu contenue dans une molécule de matiére quelconque, comme un ressort antérieurement tendu & toujours prêt à rompre les liens qui le retiennent, dès que quelque effort auxiliaire viendra augmenter son activité.

Mais qui l'a tendu ce ressort ?

C'est un secret de la nature qui n'est pas encore bien dévoilé: mais quand il devroit ne l'être jamais, si le fait est certain, si le feu s'offre toujours à nous avec cette force expansive; si nous avons des raisons assez solides pour

XIII. LEÇON.

croire que ce même feu avec cette propriété que nous lui connoissons, se trouve présent jusques dans les plus petites portions de matiére, cela suffit pour rendre raison du phénoméne de l'inflammation & de ses progrès. Si j'avois formé un corps avec des grains de poudre à canon mêlés en suffisante quantité & liés ensemble, par l'interméde de quelque autre matiére moins inflammable, & que je misse le feu à quelques-uns de ces grains de poudre, l'inflammation deviendroit bientôt générale, & toute la masse disparoîtroit; seroit-il nécessaire alors, pour expliquer cet effet considéré en lui-même, que je sçusse d'où la poudre tient sa vertu expansive? Ne me suffiroit-il pas de sçavoir qu'elle est telle de sa nature, qu'elle s'allume avec explosion, & qu'un grain allumé en allume d'autres? Et quand je n'en sçaurois jamais davantage, en serois-je moins fondé à dire que le boulversement total & subit du composé dont elle faisoit partie, a été causé par la propriété qu'elle a de s'enflammer avec explosion?

S'il est permis pourtant de conjec-

turer, quand on manque de raiſons évidentes, je crois entrevoir la puiſſance contractive qui tend, pour ainſi dire, les reſſorts du feu élémentaire dans l'intérieur des corps. On ne peut pas nier que la plus petite maſſe ne ſoit un aſſemblage de particules qui s'uniſſent non-ſeulement par *juxta-poſition*, mais par une force poſitive qui rend leur union d'autant plus ſolide, qu'elles ſe touchent de plus près & en plus de points. Que cette force ſoit inhérente dans la matiére, comme le veulent la plûpart des Newtoniens d'aujourd'hui, ou qu'elle pouſſe extérieurement ces particules l'une vers l'autre, comme j'ai tâché de le faire entendre en parlant de la dureté & de la molleſſe des corps; * c'eſt ce dont il ne s'agit point ici; les Phyſiciens partagés ſur la nature de cette puiſſance conviennent tous qu'il y en a une; & c'eſt ſur cet accord général que je vais fonder quelques raiſonnemens.

XIII. LE CON.

Quand les parties de matiére s'approchent, & ſont portées l'une vers l'autre pour former une petite maſſe, elles comprennent entre elles une portion de feu qui ſe reſſerre dans un eſ-

* Tom. 2. p. 446. & ſuiv.

XIII. LEÇON.

pace plus petit de plus en plus, à mesure que les particules de matiére qui le renferment, s'approchent davantage.

Tant que ces particules de matiére ne sont pas jointes jusqu'à un certain point, une partie de ce feu resserré dans les bornes trop étroites se fait jour, & s'échappe par les jointures encore trop larges pour s'opposer à son évasion; jusques-là ce feu renfermé n'est pas plus condensé, plus tendu, plus concentré que celui qui est libre aux environs.

Mais la puissance qui durcit les corps en serrant de plus en plus les particules dont nous parlons, les unes vers les autres, continuant d'agir, opére deux choses à la fois. Elle resserre davantage les jointures, & par une conséquence nécessaire elle diminue l'espace compris entre ces particules rapprochées. Delà il suit 1°. que le feu s'y trouve plus resserré qu'auparavant, & dans un état de tension qui le fait réagir contre les parois de sa prison. 2°. Que cette réaction doit subsister & persévérer tant qu'elle n'est pas suffisante pour vaincre la difficulté que le

feu trouve à s'échapper par ces jointures trop ſerrées.

Ainſi dans un corps qui n'eſt point enflammé, le feu qui eſt toujours en action, (car cet élément n'eſt jamais dans un repos parfait,) eſt en équilibre ou avec lui-même, quant aux parties qui ſont libres dans les pores, ou avec les obſtacles qui le retiennent, & qui empêchent qu'il ne ſe déploye, s'il eſt condenſé.

C'eſt peut-être par quelque méchaniſme ſemblable que l'air, tout expanſible qu'il eſt, ſe concentre, pour ainſi dire, dans tous les corps, de maniére que quand il s'en dégage, nous lui voyons occuper des eſpaces incomparablement plus grands que ceux dans leſquels il avoit été reſſerré par la ſeule opération de la nature. Le fait au moins eſt du nombre de ceux dont on ne peut douter, j'en ai rapporté les preuves ailleurs : * & cet exemple eſt d'un grand poids pour appuyer l'opinion de ceux avec qui je penſe que le feu qui eſt renfermé dans les molécules des corps, eſt dans un état de contraction.

* *Tom. 3. p. 312. & ſuiv.*

Il eſt indubitable que le feu eſt tou-

XIII. LEÇON.

jours en action non-seulement dans les corps enflammés & qui se consument par la dispersion de leurs parties, non-seulement dans les matiéres qui sont sensiblement chaudes, mais même dans toutes celles qui n'ont que de ces degrés de chaleur foible que nous appellons *froid*. Mais de quelle espéce est cette action; est-ce un tourbillonnement de parties, d'où naisse une force centrifuge? est-ce un simple mouvement de vibration? C'est ce que je me dispense de rechercher ici, n'ayant rien à attendre de l'expérience pour l'éclaircissement de pareilles questions; il n'est peut-être déja que trop entré de conjectures dans cette premiere Section; & la ferme résolution que j'ai prise d'en user toujours avec beaucoup d'épargne dans ces leçons, m'en feroit retrancher une bonne partie, si je ne les croyois nécessaires pour conduire l'esprit à des connoissances plus certaines.

Au reste, en essayant de deviner ce qu'on ne voit pas avec évidence, j'ose dire que je ne me suis pas écarté des principes connus, ni d'une certaine vraisemblance qui se tire des faits analogues,

analogues. La plûpart des idées même que j'ai employées, ſont adoptées par les Auteurs les plus célébres, & l'on ſentira encore mieux ce qu'elles peuvent valoir, quand on aura réfléchi ſur les expériences & les obſervations que je ferai entrer dans les trois ſections ſuivantes.

II. SECTION.

Des moyens par leſquels on peut exciter l'action du Feu.

AUtant l'uſage du feu nous eſt néceſſaire, autant il nous eſt facile de nous le procurer, quand nos beſoins le demandent ; non-ſeulement parce qu'il eſt préſent par-tout, mais encore parce que les moyens de le rendre ſenſible ſont à la portée de tout le monde. Les Nations les moins inſtruites des ſecrets de la Nature & des inventions de l'art, n'ignorent pas la maniére d'allumer du feu ; le Sauvage Américain le plus ſtupide ne doit rien à cet égard aux Européens qui ont fait la conquête de ſon pays, & qui

l'ont éclairé ſur d'autres points.

XIII. LEÇON.

Eſt-il naturel de penſer avec quelques Sçavans de nos jours, que les premiers hommes ayent été longtems ſans avoir l'idée du feu, & qu'ils ne l'euſſent jamais eue, ſi des forêts ne ſe fuſſent embraſées par le tonnerre ou par quelque autre accident, ſi des feux ſouterreins n'euſſent formé des volcans, ſi des frottemens ou des chocs purement fortuits n'euſſent décélé cet élément caché dans le ſein de la Nature ? On paſſe dans les Ecoles plus d'un mois à prouver aux jeunes gens qu'Adam avoit reçu de Dieu toutes les ſciences par infuſion ; l'ignorance qui fut bientôt après la punition de ſon péché, fut-elle donc aſſez générale pour lui ôter juſqu'à l'idée du feu ? Oublia-t-il juſqu'à l'uſage des élémens ? Quoi qu'il en ſoit, cette idée ne fut pas ſi long-tems à reparoître dans le monde ; car ſans parler de ce glaive de feu que le Chérubin faiſoit flamboyer à la porte du Paradis terreſtre, quand nos premiers parens en furent exclus, & des ſacrifices d'Abel & de Caïn, qui probablement ne s'achevoient pas ſans que

l'offrande fût consumée; les Livres saints * nous apprennent que Tubal-cain, qui vivoit au commencement du second siécle de l'univers, devint un fondeur & un forgeron très-habile, ce qui suppose une grande connoissance du feu, & même une assez longue expérience de ses effets. Mais ne nous arrêtons pas davantage à ces sortes de questions, qui n'ont qu'un rapport assez indirect avec l'objet dont nous voulons nous occuper, & qui d'ailleurs ne sont pas d'une grande importance; entrons en matiére, & voyons comment on détermine le feu qui est caché dans l'intérieur des corps, à se manifester au-dehors.

XIII. LEÇON.

* Genes. c. 4.

On peut rapporter à deux ou trois chefs tous les moyens que nous employons pour exciter le feu; je dis pour exciter, afin qu'on ne confonde par l'inflammation qui se communique avec celle qu'on fait naître; car lorsqu'une bougie allumée met le feu à de la paille ou à du bois, ce n'est qu'une propagation de l'embrasement qui subsistoit déja, & qui s'entretenoit dans la méche abreuvée de cire fondue; mais ce feu sensible de la bougie

XIII. LEÇON.

vient primitivement d'une étincelle excitée par quelqu'autre moyen.

Celui dont on se sert le plus communément, c'est le choc réitéré, ou (ce qui est presque la même chose) le frottement des corps durs : il n'y a point de corps solides qu'on ne puisse échauffer par cette voie, & il y en a peu dont la chaleur excitée ainsi, ne puisse être augmentée, jusqu'à étinceler, jusqu'à brûler : mais ces effets sont plus ou moins prompts, plus ou moins grands, selon la nature des corps choqués ou frottés, & selon la durée ou la violence du frottement.

Quant à la nature des corps, ceux qui ont le plus de densité, & en même-tems le plus de ténacité & de ressort dans leurs parties, sont communément les plus propres à s'échauffer ou à s'enflammer par le frottement.

En second lieu, comme le frottement croît principalement par la pression, & par la vîtesse du mouvement, plus la collision est violente, plus elle est fréquente, plus aussi elle est efficace sur les mêmes corps. Les expériences que je vais rapporter serviront de preuves & d'éclaircissemens à ce court exposé.

XIII. Leçon.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PREPARATION.

Il faut tenir d'une main un de ces cailloux tranchans, qu'on nomme vulgairement *pierres à fusil*, & de l'autre main un morceau de vieille lime, un couteau fermé, dont la lame se présente par le dos, ou tout autre morceau d'acier trempé; heurter un de ces corps contre l'autre à plusieurs fois en glissant; & recevoir sur une feuille de papier blanc toutes les petites parties qui se détacheront par le choc réitéré.

EFFETS.

Tout le monde sçait que de cette collision il naît des étincelles qui sont véritablement du feu, puisque l'on s'en sert tous les jours, pour allumer un morceau d'amadou, une méche soufrée, une chandelle, &c. Il faut observer de plus, que parmi ces étincelles il y en a qui petillent d'un feu extrêmement brillant, qui se divisent, & qui ont une scintillation très-marquée, tandis que les autres ne

XIII. Leçon.

paroiſſent que rouges, & ſe précipitent d'une maniére plus peſante. Enfin l'on peut remarquer ſur le papier une eſpéce de pouſſiere, ou une infinité de petits fragmens dont pluſieurs roulent, au gré de leur peſanteur, quand on incline le plan qui les ſoutient.

Explications.

Le tranchant du caillou heurtant vivement, & comme en grattant la ſuperficie de l'acier, en coupe des parcelles qui ſe détachent, & que la ſecouſſe fait ſauter en l'air. Ces parties qui s'arrachent ainſi ſont très-petites, parce que l'acier trempé qui eſt fort dur, ne ſe laiſſe entamer que très-difficilement; ainſi dans cette opération une très-petite partie de métal reçoit un très-grand choc.

Or s'il eſt vrai, comme nous l'avons dit dans la premiére ſection, que cette petite maſſe ſoit un aſſemblage de petits ballons, dont chacun ſoit rempli par une petite portion de feu élémentaire toujours animé d'une force expanſive, il eſt naturel que le choc, qui eſt très-grand,

par rapport à une ſi petite quantité de matiére, faſſe ici deux choſes; la premiére, qu'il comprime & qu'il ébranle toutes les parties qui tiennent le feu renfermé entr'elles; la ſeconde, qu'il augmente de quelques degrés le mouvement ou l'activité de ce même feu: d'où il doit arriver, ou que la molécule d'acier ſe diſſolve juſques dans ſes moindres parties, ou ſi l'effet ne va pas juſqu'à la diſſolution, on peut au moins s'attendre de voir briller le feu à travers de tous les pores dilatés du métal qui réſiſte à ſon entiére expanſion.

Voilà les conſéquences que nous pouvons tirer des principes que nous avons ſuppoſés précédemment, & c'eſt auſſi ce que l'expérience nous met ſous les yeux; car ces étincelles mornes, qui ſont à peines rouges, & qui tombent péſamment, ne ſont que des fragmens de métal qui ont une forme à peu près ſemblable à celle de ces petits copeaux qu'on fait avec la lime, & qui pour cela ſe nomment *limaille;* ce qui fait bien voir que leur degré de chaleur n'a pas excédé celui qui fait ſimplement rougir le mé-

XIII. LEÇON.

tal: mais les autres étincelles, celles qui ſcintillent & qui éclatent, ſont des particules d'acier qui ſe ſont échauffées juſqu'à ſe fondre, & ſouvent même juſqu'à ſe brûler & perdre une partie de leurs principes.

On peut aiſément ſe convaincre de tout ce que j'avance ici, en examinant avec un microſcope cette pouſſiére qu'on trouve ſur le papier blanc quand on a fait étinceller l'acier avec le caillou : les fragmens de celui-ci *a*, *a*, *a*, *Fig.* 1. ſe diſtinguent aiſément par leur couleur & par leur transparence : celles du métal *b*, *b*, *b*, *b*, ſont des petites piéces minces anguleuſes, irréguliéres, & quelquefois luiſantes, telles qu'elles doivent être en cédant au tranchant qui les détache de la maſſe, ou bien ce ſont des boullettes bien arrondies *c*, *c*, *c*, *c*, dont les unes encore attirables par l'aimant, conſervent toute la dureté qui convient à l'acier; les autres refuſant quelquefois (quoiqu'aſſez rarement) de s'attacher au couteau aimanté, s'écraſent ſous l'ongle comme le corps le plus friable.

La figure ſphérique de ces petits corps

corps ne permet pas de douter qu'ils n'ayent été un instant en fusion ; c'est celle que prennent & que doivent prendre toutes les matiéres amollies qui se trouvent librement plongées dans un fluide, comme l'étoient dans l'air ces petites masses d'acier au moment de leur scintillation ; & l'on ne conçoit pas qu'elles ayent pû s'arrondir de la sorte par la façon seule dont elles ont été détachées. Les deux différens états de ces globules nous autorisent à croire que les unes (celles qui sont dures, & que l'aimant attire encore) n'ont été que fondues simplement ; & que les autres par un degré de feu plus violent, ont passé la simple fusion & se sont converties en scories.

Ce qui me fait penser ainsi, d'après M. Hook, *qui me paroît être le premier qui ait examiné ces fragmens d'acier au microscope ; c'est une expérience que M. de Reaumur me fit faire autrefois pour éclaircir quelques faits qui ont beaucoup de rapport à celui que j'explique maintenant, ou plutôt qui en sont des dépendances. On engage la tête d'une aiguille à coudre

* *Extrait de la Micrographie de M. Hook. Journ. des Sç. du 20. Déc. 1666.*

XIII. LEÇON.

dans un petit manche de bois pour la tenir commodément, on mouille un peu la pointe de cette aiguille, & on l'applique ensuite contre un grain de limaille d'acier extrêmement fin, qui ne manque pas de s'y coller; on place ensuite l'aiguille dans la flamme d'une bougie, de façon que sa pointe & environ un tiers de sa longueur en soient dehors, *Fig.* 2. Dans un tems très-court la partie de l'aiguille qui est hors de la flamme devient rouge, & la chaleur ayant gagné jusqu'au bout, on voit le petit grain de limaille prendre aussi différens degrés de couleur & de chaleur. Si l'on se contente de le faire rougir seulement, il ne perd ni sa dureté ni sa forme, qu'on retrouve les mêmes quand il est refroidi : mais s'il est échauffé jusqu'à blancheur, & jusqu'à scintiller, alors on remarque qu'il s'est tuméfié & comme arrondi, & le plus souvent il s'écrase sous l'ongle à la moindre pression, ce qui prouve bien qu'il est scorifié.

On ne doit pas être surpris que toutes les particules d'acier, quoique détachées par le même choc, & du même morceau, ayent pourtant un fort

ſi différent. La pierre qui heurte comme en gliſſant, n'attaque peut-être pas avec un égal degré de force toutes les particules qu'elle arrache ; ces particules elles-mêmes ſont plus groſſes les unes que les autres, & l'on peut encore préſumer que les portions de feu qu'elles renferment ne ſont pas toutes également diſpoſées à ſe mettre en action. Ces différences qu'on peut raiſonnablement ſuppoſer, & peut-être bien d'autres encore qu'il ne nous eſt pas poſſible de faire entrer en compte, parce que nous ne connoiſſons pas aſſez l'état intérieur des corps, ſont plus que ſuffiſantes pour donner lieu à toutes ces variétés.

Ce qui paroîtra peut-être plus ſurprenant, & ce qui le parut en effet à pluſieurs ſçavans Chymiſtes il y a dix ou douze ans (*a*), c'eſt que l'acier

(*a*) Sur la fin de l'année 1736, M. Kemp de Kerkwyk d'Utrecht, réveilla l'attention des Sçavans ſur ce phénoméne de l'acier enflammé & fondu par le choc du caillou, en leur propoſant un problême ainſi énoncé : « Quand » on frappe l'acier contre une pierre à fuſil, on » trouve que les étincelles reçues ſur un papier

XIII. LEÇON.

puiſſe en ſi peu de tems, & par une cauſe en apparence ſi légére, rougir, ſe fondre, ſe ſcorifier.

Mais on revient de cet étonnement quand on fait attention d'une part à la nature de l'acier, qui contient une très-grande quantité de matiére in-

» blanc & portées au microſcope ſont la plûpart » de l'acier fondu, ſcorifié ou vitrifié, que l'ai- » mant n'attire plus. Or je demande 1°, lequel » des deux inſtrumens contribue à cette deſ- » truction? 2°, Quelle ſubſtance eſt employée » à cela? 3°, De quelle maniére cela ſe fait ou » doit ſe faire? 4°, Le fer étant employé au lieu » d'acier, pourquoi ces étincelles ſcorifiées ſe » préſentent-elles plus rarement & preſque » pas? Ces demandes paroiſſent inſolubles, par- » ce qu'on ne ſçauroit preſque s'imaginer que » le fer qui demande un feu violent pour ſe » mettre en fuſion, ſoit dans l'inſtant du coup, » pas ſeulement fondu, mais tout-à-fait détruit. »

M. Muſchenbrock, qui étoit alors Profeſſeur à Utrecht, envoya cet énoncé à M. Dufay, pour le remettre à M. de Reaumur, qui donna la ſolution du problême dans toutes ſes parties, ce qui fit la matiére d'une Diſſertation fort inſtructive, quoique très-courte, qu'on trouve imprimée dans les Mémoires de l'Académie des Sciences pour l'année 1736. C'eſt principalement de cet écrit que j'ai tiré les éclairciſſemens néceſſaires pour expliquer les deux premiéres expériences de cette ſection, c'eſt-à-dire, celles des étincelles tirées de l'acier, & celle qui va ſuivre.

flammable, à celle du caillou même, dont le ſoufre ſe manifeſte par une odeur très-ſenſible, quand on heurte l'une contre l'autre deux pierres de cette eſpéce, & quand on conſidére d'une autre part l'extrême petiteſſe du morceau de métal qui s'embraſe : car ce choc qui ne paroît pas fort conſidérable à bien des égards, eſt immenſe par rapport à la petite quantité de matiére ſur laquelle il agit.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

A. Fig. 3. eſt un lingot d'antimoine fondu avec deux fois ſon poids de fer que l'on jette dans le creuſet en petites lames minces, afin qu'elles ſe mettent plus aiſément en fuſion, & que l'on remue à meſure qu'elles ſe fondent pour faciliter le mêlange. * Ce lingot eſt aſſujetti dans un étau, qui tient ſolidement à une table, & l'on fait paſſer deſſus à pluſieurs repriſes, une groſſe lime neuve d'un bout à l'autre, en appuyant fortement, comme on fait quand on veut dégroſſir un morceau de métal.

* *Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences 1736. pag. 398.*

XIII. Leçon.

Effets.

A chaque coup de lime on voit une traînée de grosses étincelles qui s'élancent en avant, & qui tombent sur la table ; les unes éclatent d'une lumiére blanche & scintillent ; les autres ne sont que rouges & ne pétillent point. Quand on les reçoit sur un morceau de papier, elles le brûlent & le trouent en plusieurs endroits ; & quand on les examine au microscope, on voit clairement que ce sont des parties détachées du lingot, dont les unes ressemblent, à peu de chose près, à la limaille ordinaire de fer ou d'acier, & les autres sont arrondies & d'une surface très-lisse.

Explication.

Dans cette expérience la lime fait sur le lingot, à quelques différences près dont je vais parler, ce que le caillou tranchant a fait dans la précédente sur le morceau d'acier trempé ; elle a entamé dans plusieurs endroits cette masse dure & cassante dont elle a détaché des petites parties en les heurtant & en les pressant avec

violence; & comme ces particules renfermoient du feu, le choc qu'elles ont souffert a mis cet élément en action; & selon qu'elles lui ont opposé plus ou moins de résistance, les unes ont été échauffées jusqu'à rougir seulement, les autres l'ont été jusqu'à la fusion, ou même jusqu'à la scorification.

Les parties du lingot que la lime détache, sont beaucoup plus grosses & en plus grand nombre, que celles de l'acier qui cédent au tranchant du caillou, parce que cette composition de fer & d'antimoine a beaucoup moins de dureté que le métal pur & durci par la trempe. D'ailleurs la lime dont on se sert ici, par sa longue & large surface toute hérissée de pointes tranchantes, doit faire un grand nombre de fois, lorsqu'on la traîne sur le lingot, ce que la pierre à fusil ne peut opérer qu'une seule fois, à chaque coup, lorsqu'on lui fait gratter l'acier.

Une raison qu'on peut alléguer encore, c'est que la lime étant un corps long, son frottement est continu; les parties qui cédent à la fin du coup ont été déja ébranlés, & fortement

XIII. LEÇON.

échauffées par une infinité de petits chocs & de pressions qui ont précédé, & qui ont déja mis le feu intérieur de la masse en mouvement, comme on peut s'en convaincre en portant le doigt à l'endroit où l'on a fait passer la lime. Voilà sans doute pourquoi ces parties, quoique communément beaucoup plus grosses que celles de l'acier qui sont détachées par la pierre à fusil, ne laissent pas cependant que de s'échauffer assez pour devenir rouges & pour se fondre, ce qu'elles font rarement & difficilement quand on les détache, en battant le lingot contre le caillou.

Mais la cause principale de leur inflammation, c'est la grande quantité de matiére sulphureuse dont elles sont remplies ; le fer, comme l'on sçait, en contient beaucoup, mais l'antimoine en a bien d'avantage ; ces deux matiéres unies ensemble par la fusion, forment en se refroidissant un corps très-propre à faire feu contre une lime ; le fer donne à l'antimoine la dureté qu'il lui faut pour ne se laisser entamer que par un choc violent ; & l'antimoine ajoute au fer tout ce

qu'il lui faut de matiére inflammable pour prendre feu dans le moment de la percussion; car ce n'est point assez qu'il y ait du feu dans un corps pour qu'il se manifeste aussi-tôt qu'on l'excite; il faut que ce feu trouve autour de lui des matiéres prêtes à céder à son action, & à se mettre en mouvement avec lui, & ce sont ces matiéres que l'on appelle inflammables, qui parsemées en plus ou moins grande quantité dans un corps quelconque, font que ce corps s'échauffe ou s'enflamme plus ou moins facilement qu'un autre.

III. EXPERIENCE.

Preparation.

B. Fig. 4. est une espéce de fuseau de bois un peu ferme, comme de chêne, de noyer, de poirier, de hêtre, &c. dont les pointes sont un peu camuses, & au milieu duquel on a creusé une place pour la corde d'un archet. Un homme appuye contre sa poitrine une petite planche de quelqu'un des bois que je viens de nommer, & dans laquelle on a commencé

XIII. LEÇON.

un trou; il met un des bouts du fuseau dans ce trou, & l'autre bout dans un autre trou fait à une semblable planche, qui est assujettie contre la muraille ou dans un étau. Ensuite en appuyant avec son corps, il fait aller & venir l'archet vivement, comme on voit faire à un Serrurier qui perce un morceau de fer avec un foret.

EFFETS.

Peu de tems après que le fuseau a commencé à tourner, on voit le bois changer de couleur & se roussir aux endroits du frottement; il s'en éléve de l'odeur, ensuite de la fumée, & bien-tôt après on voit paroître du feu avec lequel on peut allumer de l'amadoue, une méche soufrée, ou quelqu'autre corps combustible.

EXPLICATION.

Comme il y a du feu dans tout, il y en a par conséquent dans le bois; ce feu excité par le frottement fait effort pour briser les petites loges dans lesquelles il est renfermé: mais ces petites cellules sont presque toutes faites de ces matiéres que nous nom-

mons inflammables, c'eſt-à-dire, qui cédent le plus aiſément à l'action du feu. Il faut bien que cela ſoit, car ſi l'on met le feu à une grande quantité de bois, la cendre qui eſt la ſeule partie que le feu ne diſſipe point, eſt bien peu de choſe en comparaiſon de ce qui diſparoît. Ainſi dans notre expérience ce ſont les parties les plus volatiles du bois qui commencent par s'exhaler en odeur & en fumée, les autres rougiſſent & forment du charbon.

C'eſt par une pratique aſſez ſemblable à celle qu'on vient de voir, que les Indiens allument du feu pour leurs beſoins les plus communs : ils appuyent un bâton pointu dans un morceau de bois un peu creuſé, & ils le font tourner entre les deux mains, comme cet inſtrument avec lequel nous faiſons mouſſer le chocolat.

Un bois qui ſeroit trop tendre ne réuſſiroit pas bien, parce qu'il s'aracheroit par petits morceaux avant que ſes parties moindres puſſent éprouver un frottement aſſez rude pour animer le feu qu'elles renferment; peut-être auſſi parce qu'étant très-poreux, il

XIII. LEÇON.

laisseroit trop aisément échapper le feu qu'il contient entre ses molécules, ce qui empêcheroit cet élément de recevoir le degré d'activité qu'il lui faut pour enflammer.

On conçoit bien aussi qu'il ne faut pas prendre un bois trop verd ou abreuvé d'eau; car les parcelles de feu seroient éteintes à mesure qu'elles s'allumeroient.

Un bois trop sec, trop vieux, n'est pas non plus ce qu'il faut, parce qu'il a perdu la plus grande partie de ses substances les plus promptes à recevoir & à transmettre l'inflammation. La plûpart des bois durs, sur-tout ceux qui viennent des Indes, sont presque toujours propres à s'enflammer par le frottement; quelque secs qu'ils soient, ils ont naturellement tant de parties grasses & sulphureuses, qu'il leur en reste toujours assez. Il y en a même tels qui en ont trop, & dont le frottement ne seroit pas assez rude à cause de l'huile qui transsuderoit des pores, & qui se trouveroit interposée en assez grande quantité entre les surfaces frottantes. Les Indiens, guidés seulement par l'expé-

rience, préférent pour cet usage le bois de fer (*a*) aux autres espéces; & l'on trouvera qu'il ont raison d'en user ainsi, en faisant attention à la nature de ce bois, qui est très-dur, & par conséquent en état d'être frotté avec violence, & qui n'est point gras comme la plupart des autres bois du même pays, qui pourroient approcher de sa dureté.

IV. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut mettre entre deux papiers un peu épais, gros comme un très-petit pois de ce Phosphore, qui porte communément le nom de Kunckel, un de ses premiers inventeurs, (*b*) appuyer le tout sur le

(*a*) *Syderoxylon.* C'est un bois dont la couleur est d'un rouge un peu brun; il est très-dur & fort pesant; les Indiens en font une espéce de massue, qui est leur arme la plus commune.

(*b*) On le nomme assez souvent aussi *Phosphore d'Angleterre*, parce que pendant un tems assez considérable M. Gotfritch-Hantkuit, Chymiste Apoticaire de Londres, qui en avoit reçu le procédé de Boyle, a été pres-

XIII. LEÇON

bord d'une table, & frotter dessus avec le manche d'un couteau, ou avec quelqu'autre chose à peu près semblable.

EFFETS.

En très-peu de tems ce Phosphore s'allume, enflamme les deux morceaux de papier, & répand dans l'endroit où l'on fait cette expérience, une odeur forte, assez semblable à celle de l'ail.

EXPLICATION.

Le Phosphore dont il s'agit ici, est une de ces découvertes par lesquelles

que le seul qui en fît commerce, & qui en fournît aux Physiciens & aux curieux. Quoiqu'on sçût en général la maniére de le faire, il y a dans la manipulation quelques tours de main qu'on avoit tenu secrets, & qui faisoient que très-peu de personnes y avoient réussi. Présentement tout le mystère est révélé : on fait ce Phosphore en Allemagne & en France tout communément ; & on le fera par-tout ailleurs si l'on veut suivre exactement le procédé que l'Académie des Sciences a rendu public dans ses Mémoires pour l'année 1737, après les épreuves qui en ont été faites avec un plein succès par Messieurs Dufay, Hellot, Geofroy & Duhamel ; & dont j'ai eu le plaisir d'être témoin.

un heureux hasard vient quelquefois dédommager le laborieux Artiste d'un grand nombre de tentatives entreprises avec des vues chimériques & faites sans succès. Presque tous ceux qui se sont entêtés du grand œuvre, ont cherché ce que l'imagination leur faisoit concevoir de plus précieux dans leur art, cet Agent universel, qui doit, selon eux, convertir en or les autres métaux, leur a fait, dis-je, chercher cette pierre philosophale, dans tout ce qu'il y a de plus méprisable & de plus méprisé par le reste des hommes, dans leurs propres excrémens. C'est en traitant l'urine avec cette trompeuse espérance, qu'un Chymiste Allemand (*a*) rencontra cette matiére lumineuse & brûlante, qu'on peut regarder comme une des plus curieuses découvertes du dernier siécle.

(*a*) Brandt, Bourgeois de Hambourg, fit le premier la découverte du Phosphore d'urine en l'année 1677. Peu de tems après Kunckel, autre Chymiste Allemand, jaloux de cette nouveauté, fit tant par un travail opiniâtre, qu'il parvint à la découvrir ; & comme il avoit plus de réputation que Brandt, l'usage a prévalu pour appeller cette préparation d'urine, *le Phosphore de Kunckel*.

XIII. LEÇON.

Comme j'aurai lieu de parler dans la ſuite des différentes eſpéces de Phoſphore, & de la propriété qu'ils ont de répandre de la lumiére dans l'obſcurité, pour le préſent je ne conſidére dans celui-ci que la facilité avec laquelle il prend feu, quand on le frotte ou quand on l'écraſe.

Cette grande inflammabilité lui vient ſans doute, de la nature & de l'état actuel des parties; & quoique ce ſoit toujours un ſecret très-difficile à pénétrer, que la connoiſſance des corps approfondie juſques dans leurs parties conſtituantes, on peut cependant former ici des ſoupçons légitimes, & ſe faire des notions aſſez vraiſemblables, en conſidérant d'une part ce qui ſe paſſe quand on fait le Phoſphore d'urine, & d'une autre part ce qui ſe préſente quand on le décompoſe.

1°. On fait évaporer l'urine dans une chaudiére de fer qu'on tient ſur le feu; & l'on pouſſe l'évaporation juſqu'à ce que tout ſoit réduit en une matiére grumeleuſe, dure, noire, à peu près ſemblable à de la ſuye de cheminée. Par cette premiére préparation,

ration, la plus grande partie de l'humide & du volatil est enlevée. XIII. LEÇON.

2°. On fait calciner cette matiére dans une marmite de fer que l'on fait chauffer jusqu'à rougir, & l'on continue jusqu'à ce que toute la matiére calcinée & pulvérisée ne fume plus; cette seconde préparation fait évaporer le reste du sel volatil & l'huile foetide.

3°. Sur six à sept livres de cette matiére calcinée on jette sept à huit pintes d'eau commune: on agite le tout pendant quelque tems; on incline ensuite le vaisseau pour jetter l'eau, & l'on fait sécher la matiére lessivée qui reste au fond. Par cette troisiéme opération on enléve une grande partie du sel fixe, & il n'en reste que ce qui est nécessaire pour le succès.

4°. Avec trois livres de cette matiére calcinée, lessivée & desséchée, on mêle une livre & demie de gros sable ou de grès jaunâtre, & quatre à cinq onces de charbon de hêtre pilé. L'on humecte le tout avec une demi-livre d'eau commune pour en faire une pâte que l'on a soin de bien manier, afin que le mêlange soit plus

XIII. LEÇON.

parfait. Le ſable & le charbon qu'on y fait entrer ſervent à raréfier la préparation d'urine, & donnent lieu au feu de l'attaquer en toutes ſes parties.

5°. Enfin, l'on met cette pâte dans une cornue, & la cornue dans un fourneau de réverbère, où l'on entretient pendant vingt-quatre heures un feu qui commence par les premiers degrés pour menager les vaiſſeaux, mais qui eſt pouſſé enſuite auſſi loin que celui d'un four de verrerie. Voilà en gros ce qui ſe paſſe dans la préparation du Phoſphore d'urine. (*a*)

(*a*) Ce n'eſt point ici une inſtruction d'après laquelle on puiſſe entreprendre de faire le Phoſphore: ce n'eſt qu'un précis des principales opérations, relatif à l'explication de notre expérience. On doit s'inſtruire des détails par la lecture du Mémoire de M. Hellot, que j'ai déja indiqué. Par la même raiſon * que je ſupprime les deſcriptions circonſtanciées qui ſeroient néceſſaires pour conſtruire les machines & les inſtrumens que je fais ſervir aux expériences rapportées dans cet Ouvrage, je m'abſtiens auſſi d'y faire entrer les procédés qu'on doit ſuivre pour préparer certaines matiéres dont je fais uſage; en attendant que je mette au jour l'Ouvrage dans lequel je compte

* *Préface* p. XXXI.

Quant à sa décomposition; voici ce qni arrive : le Phosphore se dissout quand on l'expose à l'air, & il reste dans le vaisseau une liqueur très-acide, qui est un véritable esprit de sel, puisque le *deliquium* ne fait point de précipitée avec l'huile de chaux, & qu'il précipite la dissolution d'argent en *Lune cornée*.

Il paroît donc que dans la préparation du Phosphore d'urine l'acide du sel commun s'unit à une matiére grasse, dans laquelle il est fortement concentré ; & l'on ne peut douter que ces matiéres extrêmement divisées, & longuement travaillées par le feu le plus violent, ne retiennent entre elles une quantité prodigieuse de particules ignées, qui n'attendent que la plus légére cause pour rompre & dissoudre ce qui les retient, pour faire nne inflammation.

Ainsi le frottemment d'un manche de couteau, un corps dur qui broye, sont des moyens plus que suffisans pour enflammer d'un feu très-vif le

rassembler toutes ces instructions, je me contenterai d'indiquer dans celui-ci les différens Auteurs, dont la lecture pourra y suppléer.

XIII. Leçon.

petit grain de Phoſphore renfermé entre les deux morceaux de papier. Mais comme le feu anime des parties extrêmement ſubtiles & pénétrantes, il convient que le papier ſoit un peu épais, afin d'arrêter, pour ainſi dire, ſon action, & d'empêcher qu'elle ne ſe diſſipe trop vîte.

Lorſqu'on allume ainſi du Phoſphore, s'il arrivoit qu'il s'en attachât aux doigts, on ſouffriroit une brûlure très-douloureuſe, & qui augmenteroit d'autant plus qu'on feroit effort pour emporter cette matiére en l'eſſuyant avec un linge ou autrement: car plus elle ſeroit frottée, plus elle deviendroit ardente; & comme elle eſt extrêmement active & pénétrante, en très-peu de tems elle peut faire un progrès conſidérable. Le reméde le plus efficace, & même le ſeul que l'on connoiſſe juſqu'à préſent pour arrêter cette brûlure, & calmer la douleur qu'elle cauſe, c'eſt de tremper promptement la partie offenſée dans l'urine; cette liqueur porte apparemment ſur la plaie quelque ſubſtance propre à ſe ſaiſir des parties du Phoſphore que l'inflammation anime,

ou peut-être à les embarrasser de maniére qu'elles perdent leur activité.

On fait encore avec ce même Phosphore plusieurs autres expériences curieuses, mais qui ont plus de rapport à la lumiére qu'au feu, & que je renvoye pour cette raison au volume suivant.

APPLICATIONS.

ON peut regarder les quatre expériences que je viens de rapporter, comme des exemples tirés exprès des trois régnes qui comprennent toutes les substances terrestres, pour prouver que l'inflammation, & à plus forte raison une grande chaleur peut naître par le frottement, ou par un choc réitéré, dans toutes sortes de corps: la premiére & la seconde mettent cette vérité en évidence par rapport aux minéraux; la troisiéme fait voir la même chose à l'égard des végétaux; & par la quatriéme on apprend que les matiéres animales peuvent avoir le même sort, sur-tout quand elles ont reçu certaines préparations; & l'on peut partir de ce principe, qui est un fait, pour rendre raison d'une

XIII. LEÇON.

infinité de phénomenes qui s'offrent continuellement à nous.

Pourquoi, par exemple, les pointes d'un tour s'échauffent-elles si promptement, quand on néglige d'y mettre de l'huile ? Pourquoi les pivots des grandes machines, les essieux des roues de carrosses, &c. mettent-ils le feu aux bois dans lesquels ils roulent, lorsqu'on oublie de les graisser ? C'est qu'en général le fer & l'acier deviennent ardens, lorsqu'ils sont fortement frottés ; & dans les cas dont il est ici question le frottement est toujours très-considérable à cause de la grande pression des surfaces ; ce frottement diminue beaucoup, & n'a pas non plus les mêmes effets, quand on met quelque matiére grasse ou quelque fluide entre les parties frottantes, par des raisons que j'ai rapportées ailleurs. *

* *Tom. I. p. 347.*

Les coups multipliés échauffent aussi le métal très-considérablement ; j'ai pris plaisir quelquefois à voir rougir des petites verges d'acier médiocrement chauffées, qu'un forgeron expérimenté battoit promptement avec un moyen marteau sur une enclume. Tout métal s'échauffe sous le marteau ; l'Or-

févre qui forge à froid l'or & l'argent, l'Horloger qui plane du cuivre pour faire une platine de pendule; sont obligés de laisser refroidir les piéces qu'ils ont battues, pour les manier ; & il en est de même du plomb & de l'étain.

XIII. LEÇON.

Mais ce qu'il faut remarquer, c'est que les métaux les plus durs, ceux dont les parties ont le plus de ressort, sont aussi les plus prompts à s'échauffer par les coups de marteaux, & aussi les plus susceptibles d'un grand degré de chaleur; le même nombre de coups, par exemple, ne rend point le plomb aussi chaud que l'acier ; car ce dernier métal peut-être battu jusqu'à rougir, comme on vient de le voir ; & si l'autre pouvoit acquérir autant de chaleur, il se fondroit, ce qu'on ne voit guéres lui arriver sous le marteau.

Le Vitrier façonne le plomb qu'il met aux vîtres, en le faisant passer en lingot ou en verges quarrées par une espéce de moulin qui le presse considérablement, & qui le fait s'allonger en lui donnant la forme. L'Orféve prépare les moulûres dont il orne les bords de la vaisselle, en tirant à la

XIII. LEÇON. filiére des bandes de métal applaties. Dans ces différentes opérations le métal s'échauffe tellement qu'on ne peut pas le toucher sans se brûler ; & cela vient de la forte pression qu'il éprouve sous les rouleaux, ou entre les jumelles de l'instrument qui le façonne.

Le ciseau dont on se sert pour couper le fer à froid, ou même quelque autre métal dur, devient si chaud qu'on est obligé de le mouiller de tems en tems avec de l'eau, de crainte qu'il ne perde sa trempe; cette chaleur lui vient d'avoir été fortement pressé entre les deux parties qu'il divise, ce qui est équivalent à des coups de marteaux qu'il recevroit de part & d'autre, sur l'extrêmité de ses faces, près du tranchant. C'est encore par la même raison que tous les outils dont on se sert pour tourner ou pour percer les métaux à froid, brûlent les doigts de celui qui les touche imprudemment.

L'acier ou le fer aigri par quelque mélange n'est pas le seul métal que le frottement ou la percussion échauffe jusqu'à le faire devenir ardent, ou étinceler ; les fers des chevaux, les bandes des roues de voitures font souvent du

feu

feu en glissant sur le pavé de grès ; & si l'on ne voit pas la même chose arriver, quand on heurte un morceau de fer doux contre une pierre à fusil, c'est que le frottement n'est ni aussi rude, ni aussi continu que dans la glissade dont nous parlons ; & que la particule de fer détachée par le tranchant du caillou est apparemment trop grosse, pour être embrasée par le degré de chaleur que ce choc est capable d'exciter. Un moindre frottement du fer contre le pavé se feroit aussi sans feu ; un paysan qui a des clous sous ses souliers ne nous fait pas voir fréquemment des étincelles, comme le cheval en marchant, quoiqu'il glisse comme lui. Ce qui n'arrive pas pour l'ordinaire, peut arriver pourtant ; & c'est agir très-sagement que d'exclure, comme on fait, des moulins & des magasins à poudre, tout ce qui peut occasionner les frottemens du fer même le plus doux, contre le grès, le caillou, le sable, &c.

S'IL n'y a que le frottement ou le choc des corps durs qui puisse échauffer le métal jusqu'à l'embraser ; heurté, ou frotté par d'autres corps d'une moindre consistance, il ne laisse pas que de

XIII. LEÇON.

recevoir un degré de chaleur aſſez conſidérable ; le Poliſſeur en fait prendre ſenſiblement à l'acier, à l'or, à l'argent, &c. avec le bois, le feûtre, ou le morceau d'étoffe dont il ſe ſert pour frotter ſa piéce. Mais nous ne voyons pas que les fluides faſſent la même choſe : qu'on expoſe une barre de fer au courant d'eau le plus rapide, au bout d'une heure, d'une journée même, elle n'en paroîtra pas plus chaude; & l'on ſe ſent naturellement portée à croire que tous les fluides auroient le même effet.

Cependant un Sçavant du premier ordre * s'eſt mis en devoir d'expliquer pourquoi un boulet de canon devient chaud en traverſant l'air: il attribue cet effet au frottement que le métal éprouve de la part de l'Atmoſphére dans laquelle il ſe meut, dit-il, non-ſeulement avec une vîteſſe de 600 pieds par ſeconde en avant, mais encore en tournant avec une certaine rapidité ſur quelqu'un de ſes diamétres. (*a*)

* *Boerhaave, Elem. Chem. pag.* 100.

(*a*) La vîteſſe d'un boulet de canon, lorſqu'il ſort de la piéce, eſt bien plus grande que Boerhaave ne le ſuppoſe ici. Par les expériences que j'en ai faites aux Ecoles de l'Artillerie, il m'a paru qu'un boulet chaſſé par une charge de poudre égale au tiers de ſon poids, parcouroit environ 200 toiſes

On doit être content de cette explication, si le fait est certain; c'est-à-dire, si le boulet s'échauffe véritablement en traversant l'air. Je dis si le fait est certain, parce qu'on le suppose, sans dire qu'on l'ait vérifié ; & j'ai de fortes raisons pour croire qu'un boulet, s'il est chaud, quand on le ramasse, tient sa chaleur de toute autre cause que du frottement de l'air.

1°. Quand un boulet s'élance par l'impulsion de la poudre, il heurte, il traîne, il roule peut-être contre les parois du canon; toutes ces secousses doivent l'échauffer: & quand on compteroit pour rien l'action de la poudre enflammée, à cause du peu de tems qu'elle a pour communiquer sa chaleur, on doit compter sur celle de la piéce, à moins que ce ne soit le premier coup qu'elle tire, ou que le boulet, par un service extrêmement prompt, n'ait pas eu le loisir de s'y échauffer; ce qu'on ne doit supposer que dans le

dans la premiere seconde de temps. D'ailleurs je doute fort qu'un boulet acquiere, en sortant de la piece, un mouvement de rotation sur un de ses diametres, si ce n'est dans le cas où il ne seroit pas de calibre, & si l'on ne bourroit point par dessus.

cas d'une expérience faite exprès.

XIII. LEÇON.

2°. Lorsque le boulet tombe, avant qu'on le puisse ramasser, il a heurté violemment contre des obstacles durs, ou il a bondi plusieurs fois sur la terre; & par-tout où il touche, il souffre un frottement très-violent, à cause du mouvement de rotation qu'on peut légitimement lui supposer alors.

Ainsi je vois clairement que le boulet a pû s'échauffer dans la piéce même d'où il est sorti, ou dans sa chûte; & à moins qu'on ne me dise qu'on a fait une expérience exprès, & que l'on a pris toutes les mesures nécessaires pour n'avoir rien à attribuer aux causes que je viens de citer, je ne puis me résoudre à croire qu'un boulet de canon s'échauffe sensiblement en deux ou trois secondes de tems, par le seul frottement de l'air.

Si le fait étoit dûment constaté, il faudroit bien le croire; on conviendra cependant qu'il nous offriroit d'étranges conséquences; arrêtons-nous seulement à celle qui se présente la premiére. Le frottement qu'un boulet de canon éprouve dans l'air en le traversant, peut-être regardé comme ce-

lui d'un vent très-rapide, auquel on l'exposeroit; car c'est la même chose quant aux effets, qu'un corps se déplace continuellement pour frapper l'air, ou que l'air par un mouvement continu vienne frapper ce corps. Or est-il quelqu'un qui voulût, sur l'avis qu'on lui en donneroit, aller s'exposer au plus grand vent, dans le dessein d'y éprouver un frottement qui l'échauffât. Mais ne forçons rien; supposons même que l'on en fasse l'épreuve avec un morceau de métal aussi froid par lui-même que l'air agité auquel on l'expose; croit-on que cet air en glissant sur lui avec la plus grande rapidité, dût lui faire prendre quelque chaleur?

Peut-être bien, me dira-t-on, si cette rapidité est égale à la vîtesse d'un boulet de canon, qui est 40 ou 50 fois plus grande que celle du vent le plus impétueux: mais il ne devroit donc y avoir de différence que du plus au moins; & si le boulet de canon avec la vîtesse qu'il a, acquiert dans l'air qui le frotte une chaleur très-sensible en deux ou trois secondes, il semble qu'avec plus de tems, & une moindre vîtesse ce même boulet dans l'air, devroit devenir assez

XIII. Leçon.

chaud, pour qu'on s'en apperçût. On sait de reste combien cette conséquence s'accorde peu avec l'expérience la plus commune: personne ne s'est jamais brûlé les doigts pour avoir touché une grille de jardin, qui eût souffert le vent de Nord le plus impétueux pendant 24 heures, quoiqu'elle fût de fer comme le boulet.

Quelques Auteurs ont dit que le feu prenoit de tems en tems aux forêts, par le frottement des branches d'arbres que le vent agite, & qui peut encore être aidé par certaines circonstances. Si l'on peut douter du fait, parce qu'il est difficile de s'en assûrer d'une maniére bien certaine, & que l'on peut presque toujours soupçonner que ces sortes d'accidens sont des effets de la malice ou de l'imprudence humaine; on peut au moins convenir de sa possibilité, puisqu'il est constant que tous les végétaux contiennent du feu, & qu'une grande partie de leur substance est inflammable. Il n'y a pas jusqu'aux graines & aux fruits qui ne s'échauffent considérablement, quand on les écrase, qu'on les pile, ou qu'on les broye c'est de quoi l'on peut aisément se con-

vaincre, en maniant la navette, le chenevi, les noix, &c. quand on les prépare sous le pilon pour en tirer l'huile; ou bien en portant la main dans la farine du froment & des autres grains, lorsqu'elle sort d'entre les meules. Tous ces effets viennent visiblement ou des coups multipliés, ou d'un grand frottement; & à l'égard des farines, le degré de chaleur qu'elle acquierent va quelquefois jusqu'à les brûler, soit que les meules tournent avec trop de vîtesse, soit qu'elles n'ayent pas assez de jeu entre elles : de l'une ou de l'autre maniére le mouvement trop rapide ou trop fort pour désunir seulement les parties propres du grain, se communique au feu même qu'elles renferment, ce qui cause une espéce d'embrasement.

LES matiéres animales étant capables comme les autres de s'échauffer sous le marteau ou par un frottement rude & de quelque durée, on doit regarder comme des effets fort ordinaires, que la peau d'un tambour reçoive une chaleur sensible par les coups redoublés des baguettes; que le cuir fort s'échauffe sous la masse du Cordonnier qui le prépare pour faire des semelles; que le

foret d'un ouvrier qui perce un morceau d'os, d'yvoire, de corne de cerf ou d'écaille, le faſſe fumer, s'il fait agir cet outil avec une certaine vîteſſe.

La chaleur qu'on ſent aux mains, quand on les a frottées l'une ſur l'autre, celle que cherchent à ſe procurer les ouvriers qui travaillent en plein air dans une ſaiſon froide, en ſe battant le corps avec les bras, ſont moins des effets qui ayent beſoin d'explication, que des exemples familiers, & des preuves très-convaincantes du principe ſur lequel nous portons maintenant nos réflexions.

Quand on s'agite, ou que l'on marche long-tems ou avec beaucoup de vîteſſe, les parties ſolides du corps ont des mouvemens reſpectifs, qui les font gliſſer les unes ſur les autres, & ſe frotter réciproquement; de-là naît ce ſentiment de chaleur qui excéde celui de l'état naturel, & qui eſt accompagné ou ſuivi d'une ſorte de douleur qu'on nomme *laſſitude*.

Enfin ſi quelqu'un par néceſſité, ou par imprudence, s'eſt jamais laiſſé gliſſer de haut en bas, le long d'une corde qu'il tenoit ſerrée entre ſes mains, il a

dû éprouver un frottement capable de lui brûler la peau, & d'y faire venir des cloches, comme il arrive toutes les fois que l'on touche un corps trop chaud; la corde en cette occasion n'est pas plus chaude que la lime sous laquelle un morceau de fer devient brûlant; mais comme elle, par les aspérités successives de sa surface, elle agite pendant un certain tems les mêmes parties de la main qui lui sont fortement appliquées, & le feu que ces parties animales renferment, irrité par ce mouvement, éclate & dérange leur organisation.

CE qui arrive à des corps solides d'une grandeur sensible, qui se heurtent, ou qui se frottent, arrive pareillement à de plus petites masses qui s'entrechoquent; à deux liquides, par exemple, dont les volumes se pénétrent, & dont les parties se mêlent précipitamment, & exercent les unes sur les autres des frottemens réciproques: la chaleur & l'inflammation en sont souvent les suites, & ces effets sont d'autant plus merveilleux que la cause échappe à nos sens, & ne s'apperçoit que par la réflexion,

XIII. LEÇON.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

AYEZ dans le même lieu & dans deux vaſes ſéparés qui ſoient de verre mince & de même forme, (*a*) trois onces d'eau commune bien claire & bien pure, & pareille quantité de bon eſprit-de-vin : plongez dans chacune de ces liqueurs & pendant un tems ſuffiſant, un petit thermométre, (*b*) pour vous aſſûrer qu'elles ont une température égale entre elles, & ſemblable à celle du lieu où vous opérez; verſez enſuite les trois onces d'eau ſur l'eſprit-de-vin un peu bruſquemment, afin que les deux liqueurs ſe mêlent bien enſemble :

(*a*) La forme cylindrique eſt la meilleure ; ces eſpéces de bocaux dont les Droguiſtes ſe ſervent *A fig.* 5. conviennent le mieux, & ſont très-faciles à trouver.

(*a*) Ces petits thermométres propres à plonger dans les liqueurs, ſont fixées ſur une petite planche, fort légére, qui ne deſcend pas juſqu'à la boule, & qui eſt diviſée ſuivant la méthode de M. de Reaumur ; ou cette planche eſt briſée en deux parties par une charniére pratiquée au milieu de ſa longueur, de ſorte que la partie d'en bas ſe repliant ſur l'autre, laiſſe la boule du thermométre, & une partie du tube iſolées. *Voyez la Fig.* 5. *à la lettre B.*

XIII. LEÇON.

EFFETS.

VOUS verrez d'abord que ce mêlange, quoique fait de deux liqueurs très-limpides, devient louche & comme laiteux, tirant ſur la couleur de Giraſol, & qu'il s'en éléve une infinité de petites bulles d'air, qui vont créver à la ſurface.

Le thermométre plongé, que je ſuppoſe gradué ſelon les principes de M. de Reaumur, vous fera voir en même-tems que la chaleur eſt augmentée de 5 ou 6 degrés, ſi la température du lieu eſt moyenne, & que la boule du thermométre plongé n'excéde point la groſſeur d'une ceriſe.

Indépendamment de ces deux derniéres conditions, ſi vous faites pluſieurs épreuves de cette eſpéce, vous obſerverez que le mêlange s'échauffe d'autant plus que l'eſprit-de-vin eſt plus pur, plus rectifié; car on voit par les expériences de Boerhaave * que celui qu'il nomme *alchool*, & qui eſt le plus déflegmé, ayant été mêlé à poids égaux avec de l'eau de pluie diſtillée, a produit un degré de chaleur beaucoup plus grand qu'un eſprit

* *Elem. chemiæ*, *Tom.* 1. *pag.* 197.

XIII. LEÇON.

de-vin commun employé à pareilles doſes avec la même eau ; la différence a été comme de 9 à 4, c'eſt-à-dire, de plus de moitié.

Les proportions que l'on met entre les deux quantités de liqueurs contribuent encore au plus ou moins de chaleur que l'on apperçoit dans le mêlange ; M. Geoffroy nous a appris il y a déja long-tems * que le plus grand degré de chaleur naît de parties égales d'eſprit-de-vin & d'eau mêlées enſemble : cependant par une ſuite d'expériences que j'ai faites autrefois ſous la direction de M. de Reaumur, mais dans des vûes différentes, j'ai remarqué aſſez conſtamment que l'effet dont il eſt queſtion venoit plus ſûrement de deux parties d'eau mêlées avec une partie d'eſprit-de-vin ; encore faut-il obſerver que j'ai meſuré mes quantités par le volume, & que M. Geoffroy a meſuré les ſiennes par le poids ; ce qui fait encore différer davantage nos réſultats ; car comme l'eau eſt ſpécifiquement plus péſante que l'eſprit-de-vin, ſi ces deux liqueurs mêlées à poids égaux recevoient le plus grand degré de chaleur qui peut réſulter de leur mê-

* *Mém. de l'Acad. des Sc.* 1713. p. 54.

lange, il s'ensuivroit, que pour avoir cet effet, non-seulement il ne faudroit pas que le volume de l'eau fût à celui d'esprit-de-vin dans la proportion de deux à un, comme je l'ai trouvé, mais qu'il devroit être dans un rapport au-dessous même de l'égalité.

Cette différence vient probablement de ce que M. Geoffroy & moi avons fait nos expériences dans des températures assez éloignées l'une de l'autre: (*a*) & de ce que son thermométre plus gros (*b*) que le mien étoit plus difficile à s'échauffer, & par conséquent plus tardif à marquer le degré de chaleur précis du mêlange dans lequel il étoit plongé.

Explications.

Nous pouvons considérer l'esprit-

(*a*) M. Geoffroy a fait ses épreuves dans un lieu où il commençoit à geler, & il a mêlé ses liqueurs, lorsqu'elles avoient presque le froid de la glace. *Voyez le Mémoire cité.* J'ai fait les miennes dans un lieu où il faisoit une chaleur moyenne comme de douze ou quinze degrés.

(*b*) C'étoit un thermométre fait selon la méthode de M. Amontons; il subsiste encore, & la boule est grosse comme un petit œuf de poule.

XIII. Leçon.

de-vin comme un fluide composé de petites masses raréfiées, spongieuses, pour ainsi dire, & capables de se diviser, de se dissoudre, & de s'étendre dans une liqueur propre à les pénétrer. Cette idée quadre assez bien avec la légéreté que nous remarquons dans cette liqueur, & avec quelques faits dignes de remarque, dont je ferai bientôt mention. D'un autre côté nous pouvons regarder l'eau comme un autre fluide, dont les parties plus propres à se dégager les unes des autres s'insinuent aisément dans tous les pores qu'elles trouvent assez ouverts, ou d'une figure analogue à celle qu'elles ont elle-mêmes. La densité de l'eau que nous sçavons être plus grande que celle de l'esprit-de-vin, ne combat point cette supposition : une matiére, pour être plus dense qu'une autre, n'a qu'à voir ses parties plus serrées, plus près les unes des autres, rangées dans un plus petit espace ; tout cela se fait d'autant mieux que ces parties sont plus fines, plus subtiles, & avec une petitesse excessive rien n'empêche qu'elles ne soient très-libres entre elles, qu'elles ne soient pas pelotonnées, &

par petits flocons, comme nous supposons celles de l'esprit-de-vin. Car je pense que les parties de l'eau sont plus petites, d'une figure plus pénétrante, & plus libres entre elles, que celles de l'esprit-de-vin; & si j'avois à soutenir cette vraisemblance par des faits, je ferois observer dans un détail qui seroit long, mais fort aisé, que la premiere de ces deux liqueurs pénétre ou dissout un plus grand nombre de différentes matiéres que la seconde.

Quand ces deux liqueurs, (l'eau & l'esprit-de-vin,) se trouvent donc dans un même vaisseau, je conçois premiérement que les parties de l'une aidées de leur propre poids & du mouvement qu'on leur a donné en les versant brusquement, divisent, en une infinité d'endroits la masse de l'autre; & que réciproquement les parties de celles-ci en vertu de leur grande mobilité, se séparent les unes des autres, pour faire place à celles qui les désunissent, & se loger elles-mêmes entre ces petits corps. Jusques ici ce n'est qu'un simple mêlange, qui laisse subsister les unes & les autres parties dans leur entier.

XIII. LEÇON.

Je conçois en second lieu que les parties de l'eau très-pénétrantes de leur nature, ſe trouvant à portée d'entamer les molécules poreuſes de l'eſprit de-vin, peuvent y entrer comme autant de petits coins, comprimer de part & d'autre les parois qui réſiſtent à leur effort, & enfin rompre & diviſer en mille maniéres toutes ces petites maſſes.

(*a*) Ce mouvement inteſtin, cette diviſion de parties, eſt ce qu'on appelle *fermentation*, ou *efferveſcence*. Il y

(*a*) M. Homberg conſidérant ces mouvemens inteſtins qui naiſſent dans différens mêlanges naturels ou artificiels, les diſtingue & leur donne différens noms. Il appelle *fermentation*, le mouvement qui ſe fait ſentir dans un mixte, lorſque les parties ſulfureuſes ſe ſéparent des parties ſalines, ou lorſque ces mêmes parties s'uniſſent pour former un mixte. Il appelle *efferveſcence* le mouvement des parties de deux ſubſtances dont l'une pénétre l'autre: ce qui arrive non-ſeulement, lorſqu'on mêle enſemble des acides avec des alkalis, (ce qui eſt pourtant le cas le plus ordinaire,) mais auſſi dans bien d'autres occaſions, comme dans notre expérience, par exemple. Enfin il appelle *ébullition* le mouvement de deux matiéres qui ſe pénétrent, & d'où il s'éléve un grand nombre de bulles d'air: ce qui ſe peut faire ſans chaleur, ou avec réfroidiſſement. Pour nous,

en a des exemples ſans nombre : & cet effet eſt preſque toujours accompagné d'une chaleur ſenſible, que l'on attribue avec toute ſorte de vraiſemblance, au frottement & à la preſſion qu'exercent les parties du diſſolvant dans les pores de celles qui les reçoivent; car toutes ces particules regardées en elles-mêmes, quoique d'une petiteſſe preſque infinie, ſont pourtant des corps ſolides, dans leſquels il y a des portions de feu cachées ; & nous avons vû précédemment que de tels corps qui ſe frottent ou qui s'entrechoquent, peuvent s'échauffer juſqu'à brûler. Quand bien même le diſſolvant ne feroit qu'ouvrir les matiéres qui contiennent le feu, & qui, par leur adhérence réciproque, s'oppoſent à ſon expanſion, cet élément mis en liberté ne doit-il pas faire ſentir ſon action ?

Les Phyſiciens ſont aſſez d'accord entre eux ſur la cauſe prochaine de la fermentation, & ſur celle de la cha-

comme il ne s'agit point ici d'un Traité de Chymie, nous appellerons ces mouvemens inteſtins accompagnés de chaleur ou d'inflammation du nom commun & générique de *fermentation*.

leur qui l'accompagne communément. Tous conviennent que de deux matiéres qui fermentent ensemble, l'une pénétre l'autre, & que le mêlange s'échauffe, parce que les parties s'entrechoquent, & se frottent en se pénétrant. Mais ils ne s'accordent pas de même sur la cause de cette pénétration: il faut cependant qu'il y en ait une; car quand on se représenteroit les parties pointues du dissolvant en présence & directement vis-à-vis des petites masses poreuses de la matiére dissoluble, comme des chevilles au bord de leurs trous, encore faut-il une puissance qui les y chasse, & qui anime leur effort.

Ceux qui reçoivent & défendent l'attraction comme une cause physique, expliquent tout à leur aise ces mouvemens intestins des matiéres qui fermentent. Il y a, disent-ils, une attraction réciproque entre le corps dissolvant & celui qui est dissoluble; entre *l'acide* & *l'alkali*; (*a*) dès que l'un

(*a*) Les mots d'*Acide* & d'*Alkali* sont consacrés pour désigner des matiéres salines, du mêlange desquels résultent presque toutes les fermentations; cela n'empêche pas qu'il n'y ait

& l'autre ſont à portée de ſe joindre, cette vertu qui réſide en eux, tend à les unir de la maniére la plus complette, par le contact immédiat de leurs moindres parties, ce qui ne peut ſe faire que par la diviſion des molécules. XIII. LEÇON.

Il faut convenir que cela ne va point mal au premier coup d'œil, & que la plûpart des difficultés qui ſe préſentent après, tombent également ſur les autres opinions. Mais quand cela iroit encore mieux, l'eſprit n'eſt point ſatisfait de cette explication, lorſqu'il vient à ſentir qu'elle eſt fondée ſur un principe que bien des gens ſuppoſent par goût ou autrement, mais dont perſonne n'a jamais donné des preuves, qu'on ne puiſſe légitimement conteſter.

Un homme littéralement attaché à la doctrine de Deſcartes, vous dira que le monde eſt rempli d'une matiére ſubtile qui ſe meut en toutes ſortes de ſens, & qui pénétre ainſi les corps les plus compacts; que dans le

d'autres matiéres qui fermentent enſemble; & alors il y en a une qui fait fonction d'acide, & l'autre d'alkali. *Mém. de l'Acad. des Sc.* 1701, *p.* 97.

XIII. LEÇON.

cas de la fermentation ce ſont les impulſions redoublées de ce fluide par excellence, qui font entrer les pointes des acides dans les pores des alkalis.

Cette explication au moins nous offre un méchaniſme intelligible, elle n'exige pas que l'eſprit ſe prête gratuitement à des notions nouvelles auſquelles il n'eſt conduit par aucun exemple ; mais elle ſuppoſe des faits qui, ſelon moi, ne ſont point aſſez prouvés.

J'admettrois volontiers l'exiſtence d'une matiére extrêmement ſubtile, préſente par-tout & pénétrant avec une extrême facilité les corps les plus compacts; ſans m'embarraſſer de ſçavoir quel rang a tenu cette matiére parmi les élémens de l'univers, on eſt bien forcé d'en admettre une ſemblable pour expliquer avec quelque vraiſemblance les phénoménes du feu, & ceux de la lumiére: mais j'ai peine à croire que cette matiére, ſi elle exiſte, ſoit continuellement agitée en toutes ſortes de directions ; & que ſes différens mouvemens (qui ſont progreſſifs) ne ſoient point altérés par tous les chocs qu'elle doit avoir à ſouf-

frir. Je demanderois encore comment au milieu de toutes ces impulſions qui ſe feroient ſouvent en ſens contraires, les pointes des acides frappées en même tems par les deux bouts, feroient chaſſées dans les pores de l'alkali; car un clou n'avance ni ne recule entre deux coups de marteaux d'égale force.

Avouons de bonne foi notre ignorance en attendant les lumiéres qui nous manquent; ou ſi nous nous permettons des conjectures, tâchons au moins de les appuyer ſur des faits bien avérés qui les rendent vraiſemblables; bornons l'étendue de nos connoiſſances, ſi cela eſt néceſſaire pour les rendre plus certaines.

Ne pourroit-on pas dire, par exemple, que le diſſolvant eſt porté dans les molécules poreuſes du corps diſſoluble par cette même puiſſance qui fait entrer les liqueurs dans tout ce qui eſt ſpongieux, ou percé d'une infinité de petits canaux capillaires? On ſçait que certaines conditions rendent cet effet plus prompt ou plus complet, & qu'en général ces canaux ſe rempliſſent avec d'autant plus d'activité qu'ils ſont plus étroits: les po-

XIII. LEÇON.

res des parties alkalines ou diſſolubles ne ſeroient-ils pas à l'égard du diſſolvant en telle proportion, que cette imbibition s'y fît avec encore plus de violence que nous n'en remarquons, lorſqu'il s'agit de tuyaux capillaires d'une grandeur ſenſible ? & la rapidité de ces mouvemens multipliés à l'infini dans un petit corps extrêmement poreux, ne pourroit-elle pas aller juſqu'à faire rompre les parois, & occaſionner une diſſolution totale ?

Si l'on me demande après cela quel eſt ce pouvoir ſecret qui fait entrer les liqueurs dans les corps ſpongieux, ou, ce qui eſt la même choſe, dans les tubes capillaires, j'avouerai ingénûment que j'en ignore la cauſe ; mais un fait que perſonne ne conteſte, ne peut-il pas ſervir à en expliquer d'autres qui ſont encore obſcurs ?

Pour revenir à notre mêlange d'eſprit-de-vin & d'eau, je le regarderai donc comme une diſſolution qui ſe fait d'une liqueur par l'autre, comme une véritable fermentation ; & le degré de chaleur que j'y apperçois comme une ſuite néceſſaire du choc & du frottement des parties, ou de l'action

du feu qui a été mis en liberté par la désunion de ces même parties qui le tenoient renfermé entre elles.

XIII. LEÇON.

Les bulles d'air qui paroiſſent dans ce mêlange, & qui en troublent la tranſparence, ſont celles qui étoient logées dans les pores de chaque liqueur, & qui déplacées par la pénétration mutuelle des deux maſſes, dilatées enſuite par le nouveau degré de chaleur qui en réſulte, s'élévent à la ſurface en vertu de leur légéreté reſpective.

Si l'eſprit-de-vin déflegmé donne plus de chaleur que celui qui ne l'eſt pas, c'eſt qu'étant moins pénetré d'eau il en eſt d'autant plus propre à l'admettre dans ſes pores : & comme c'eſt de cette imbibition plus ou moins complete, plus ou moins prompte, que dépend le degré de fermentation, c'eſt auſſi de cette même cauſe que la chaleur doit recevoir les différens degrés.

Le degré de chaleur dépend encore, comme on l'a vû, de la proportion que l'on met entre les quantités des deux liqueurs mêlées, parce qu'avec une trop petite quantité d'eau l'eſprit-de-vin ne ſe diſſout pas autant

XIII. LEÇON.

qu'il le pourroit, la fermentation en eſt moins forte ; & ſi l'on en met trop, l'excès de cette eau eſt une maſſe inutile qui ne contribue point à faire naître la chaleur, & qui plus froide que ne ſeroit le mêlange mieux proportionné, s'en approprie une partie, ainſi que le thermométre qui eſt plongé.

Dans l'explication que je viens de donner, j'ai ſuppoſé qu'une des deux liqueurs pénétroit l'autre, & en cela je n'ai rien dit que je ne ſois bien en état de prouver, en faiſant voir d'après les expériences de M. de Reaumur,* qu'un compoſé d'eau & d'eſprit-de-vin peſe ſpécifiquement davantage que chacune des deux liqueurs compoſantes avant le mêlange, ce qui ne peut ſe faire ſans que les deux volumes ſe confondent en partie.

* *Mémoir. de l'Académ. des Sciences, 1733. pag. 165.*

Ce fait également curieux & concluant pour ce que j'ai à prouver, ſe peut montrer de deux maniéres. 1rement. On a peſé la quantité d'eau qui étoit contenue dans un petit vaſe A, *Fig.* 6. que l'on avoit rempli fort exactement juſqu'au fil *B*, & l'on a trouvé ſon poids de 98 grains. On a vuidé ce vaiſſeau, & on l'a rempli pareillement juſqu'au

fil,

fil, d'eſprit-de-vin dont le poids s'eſt trouvé de 82 grains $\frac{1}{2}$. Si l'on eût rempli d'eau les deux tiers du petit vaiſſeau, & l'autre tiers avec de l'eſprit-de-vin qui ne ſe fût point mêlé avec l'eau, le poids total des deux liqueurs contenues eût été 65 grains $\frac{1}{3}$ d'eau & 27 grains $\frac{1}{2}$ d'eſprit-de-vin, ce qui eût fait en ſomme 92 grains $\frac{5}{6}$. Mais au lieu de faire ainſi, on a compoſé une liqueur de deux parties d'eau, & d'une partie d'eſprit-de-vin bien mêlées enſemble, & l'on en a rempli le petit vaſe juſqu'au fil comme précédemment : alors le poids de cette quantité de liqueur compoſée s'eſt trouvé de 94 grains; d'où il paroît évidemment que ſa denſité étoit plus grande que celle qui ſembloit devoir réſulter des deux liqueurs compoſantes.

2^ement^. On a pris une boule creuſe de verre adaptée à un tube bien cylindrique, comme pour faire un gros thermométre, *Fig.* 7. On y a verſé d'abord 200 meſures d'eau, (*a*) & par-

(*a*) On fait ces petites meſures aſſez commodément avec des chalumeaux de verre renflés, *d. Fig.* 7. que l'on ſouffle à la lampe d'Emailleur.

deſſus l'on a fait couler très-doucement 100 meſures d'eſprit-de-vin qui a ſurnagé; on a marqué avec un fil, *c*, ſur le tube, l'endroit où ſe terminoit la liqueur, & le vaiſſeau ayant été bien bouché par en-haut, & enſuite agité pour occaſionner le mêlange de l'eau & de l'eſprit-de-vin: lorſque tout fut repoſé & revenu à la température du lieu où ſe faiſoit l'expérience, on a obſervé que la ſurface de la liqueur dans le tube ſe tenoit au-deſſous du fil; & pour remplir ce vuide, il a fallu ajouter 5 de ces meſures dont le volume d'eſprit-de-vin employé contenoit 100. Ce qui fait, comme on voit, $\frac{1}{20}$ de diminution, eû égard au volume de cette liqueur; les deux liqueurs ſe ſont donc pénétrées en partie, pour former enſemble un volume plus petit que la ſomme des deux meſurées ſéparément.

Je n'ai pû me refuſer de rapporter ici ce phénomene, qui n'eſt pas le ſeul de ſon eſpéce; j'invite les amateurs de la Phyſique à s'inſtruire par la lecture du Mémoire même, des circonſtances & de toutes les obſervations intéreſſantes auſquelles il a donné occaſion;

ce que je ne pourrois faire entrer dans cet ouvrage, sans sortir des bornes que je m'y suis prescrites.

XIII. LEÇON.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un grand verre à boire de la bierre, de ceux dont la coupe ressemble à une cloche renversée *D*, *Fig.* 8. on met 3 gros d'huile de Térébenthine (*a*), (la plus nouvelle est la meilleure) : & dans un autre verre *E* emmanché d'une baguette qui ait environ 3 pieds de longueur, on mêle ensemble un gros de bon esprit de nitre, & autant d'huile de vitriol concentrée (*b*); tenant ensuite ce dernier ver-

(*a*) Je nomme ici l'huile de Térébenthine comme la plus facile à trouver, & celle qui coûte le moins : on peut également employer l'huile de Gayac, celles de Girofle, de Citron, de Menthe, de Geniévre, de Fenouil, &c. & même les baumes naturels, celui de Copahu, & le baume blanc de la Mecque.

(*b*) Au lieu de ces deux acides mêlés ensemble, on peut se servir d'une eau forte citrine distillée à la maniére de M. Hoffman, ou selon le procédé de M. Geofroy. *Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences, pour l'année* 1726. *pag.* 95 où vous trouverez un détail très-curieux de ces sortes d'expériences.

XIII. LEÇON.

re par le bout du manche, on verſe en deux ou trois tems, mais à très-peu de diſtance l'un de l'autre, ce qu'il contient, dans le premier où l'on a mis l'huile de Térébenthine.

EFFETS.

Dans le moment même que le mêlange ſe fait, on entend & l'on apperçoit une violente fermentation dans le verre qui contient ces liqueurs, il s'en éléve ſubitement une fumée fort épaiſſe, au milieu de laquelle on voit briller ordinairement une flamme qui s'élance juſqu'à la hauteur de 15 ou 18 pouces; & il ſe répand après dans le lieu où l'on a fait l'expérience, une forte odeur aromatique qui dure long-tems, & qui eſt aſſez agréable quand elle eſt affoiblie.

EXPLICATION.

Les huiles eſſentielles des plantes, tant de celles qu'on apporte des Indes, que de celles qui naiſſent en Europe, ſont des liqueurs fort inflammables que les Chymiſtes regardent avec raiſon comme une grande quantité de ſoufre étendu dans un peu de flegme, c'eſt-à-dire, que la matiére du feu qui s'y trou-

ve, comme partout ailleurs, n'y est enveloppée & retenue que par celle de toutes les matiéres, qui en contient davantage, & qui est la plus propre à ne le retenir qu'autant qu'il le faut, pour animer son action. Lorsqu'un acide violent s'empare de ces huiles, & qu'il les pénétre de toutes parts avec précipitation, toutes les petites portions de feu irritées, pour ainsi dire, par le frottement, & dégagées des liens qui les retenoient avant cette dissolution se mettent en liberté, éclatent de toutes parts, & dissipent en flamme les parties du mêlange les plus subtiles; & les plus grossiéres s'exhalent en fumée, & en odeur.

Cet effet, tout merveilleux qu'il est, ne différe point essentiellement de celui que nous avons vû dans l'expérience précédente; c'est toujours l'action du feu excitée par la pénétration précipitée d'une liqueur dans l'autre, mais une action excitée jusqu'à l'embrasement. Quoiqu'on pût attendre un tel effet de cette cause bien méditée, ce dut être cependant un spectacle bien singulier & bien surprenant en Chymie, lorsqu'on vit naître une

XIII. LEÇON.

véritable inflammation du mêlange de deux liqueurs froides.

Il y a près d'un ſiécle que Beccher & Olaus Borrichius, le premier dans ſa *Phyſique ſouterraine*, le dernier dans les *Actes de Copenhague*, annoncérent ce phénoméne ; mais ſoit qu'ils ne ſe fuſſent pas expliqués aſſez clairement, ſoit qu'on s'y prît mal pour les imiter, on travailla long-tems d'après ce qu'ils avoient dit, & l'on ſe rebuta preſque avant que de pouvoir répéter leur expérience avec ſuccès. Enfin en 1698. M. de Tournefort parvint à enflammer, non de l'huile de térébenthine, comme avoient fait les Auteurs que je viens de citer, mais l'huile tirée du bois de ſaſſafras par diſtillation ; & nous voyons par les Mémoires de l'Académie des Sciences pour l'année 1701, que M. Homberg, tant par ſes propres expériences, que par celles des autres, avoit déja étendu cette découverte, juſqu'à établir pour régle générale, qu'avec un eſprit acide bien déflegmé on pouvoit enflammer toutes les huiles eſſentielles des plantes aromatiques, pourvu que ces plantes fuſſent des Indes, parce que, diſoit-il,

celles de nos climats ne donnent jamais qu'une huile où le soufre est mêlé avec un acide qui fait manquer l'inflammation. Cette restriction fut levée en 1726 par M. Geofroy, qui fit voir par des preuves de fait, qu'on peut enflammer indifféremment l'huile essentielle des plantes d'Europe, comme on enflamme celle des aromates qui naissent aux Indes, en employant un acide convenable; & ce que cet habile Chymiste montroit en France, M. Hoffman le publioit en Allemagne, comme une découverte qu'il venoit de faire, quoique par un procédé un peu différent.

Il ne restoit donc plus pour généraliser cette nouvelle connoissance, que de trouver un moyen d'enflammer aussi les huiles grasses (*a*), & c'est à quoi M. Roüelle est parvenu après un travail assez long. Tout dépendoit d'un tour de main que le hazard auroit pû faire trouver au plus ignorant, mais que cet habile Chymiste n'a obtenu

(*a*) Par huiles grasses ou pesantes, on entend ici celles que l'on tire des végétaux par expression, comme l'huile de noix, celles de chenevis, de navette, &c.

que par des connoissances réfléchies.

XIII. LEÇON.

On sçait que le nitre ne s'allume point par l'attouchement de la flamme, mais seulement par celui d'un corps embrasé; cette considération fit penser à M. Roüelle que pour enflammer une huile il seroit à propos 1°, qu'elle y fût disposée par un certain degré de chaleur; 2°, que l'esprit de nitre dont il se servoit pour procurer cette inflammation trouvât un charbon ardent, ou prêt à l'être, par l'attouchement duquel il pût s'enflammer lui-même; au lieu de jetter dans l'huile tout en une fois son acide nitreux, ce qui n'eût produit que de la chaleur, ou du charbon, il le versa en deux ou trois fois, fort près l'une de l'autre : la premiére portion versée, ou la deuxiéme échauffa l'huile, & en mit une partie en charbon, & la derniére portion venant à tomber aussitôt, s'alluma par l'attouchement du charbon, & enflamma l'huile qui étoit toute prête à prendre feu.

On peut donc enflammer l'huile de térébenthine que j'ai employée dans notre expérience, avec l'esprit de nitre seulement; & si j'y mêle l'huile de vitriol concentrée, ce n'est que pour

rendre l'effet plus sûr; car comme cette huile se saisit aisément de toute l'humidité, elle achéve de déflegmer l'esprit de nitre, & le rend par-là plus propre à l'effet auquel on le destine.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Mettez dans une poële de fer, ou dans un plat de terre, sur un réchaud plein de feu, quatre onces de miel commun, & deux onces d'alun de roche, cassé en petits morceaux; remuez le tout avec une spatule ou avec quelque chose d'équivalent, jusqu'à ce que le mêlange soit non-seulement fondu, mais épaissi en consistance de croûte, qu'il faut avoir soin de détacher & de briser en petits grains, afin qu'on le puisse dessécher plus aisément & plus parfaitement.

Cette premiére préparation étant faite, mettez de ces petits grains bien desséchés dans un petit matras, autant qu'il en faudra pour remplir les deux tiers de la boule : placez ce matras légérement bouché avec du papier, dans un creuset de telle gran-

XIII. LEÇON.

deur, qu'il puiſſe tenir environ un doigt de ſable deſſous, & autour de ce matras : entourez le creuſet de charbons dans un fourneau, & allumez le feu peu à peu pour donner le tems aux vaiſſeaux de s'échauffer ſans ſe rompre, & à la matiére de ſe purger de l'humide, & de tout le volatile qui lui reſte

Quand vous verrez qu'il ne ſortira plus de fumée par le col du matras, vous augmenterez le feu juſqu'à ce que vous apperceviez toute rouge la matiére qui eſt dans le matras. Entretenez cet état pendant un bon quart-d'heure, ou même une demi-heure, & alors vous pourrez tirer doucement & peu à peu le creuſet hors du fourneau.

Vous ſouleverez enſuite le matras pour le tirer du ſable en partie, & peu de tems après, encore davantage.

Enfin, ayant ôté le bouchon de papier, vous renverſerez l'embouchure du matras ſur celle d'un petit flacon de verre, & vous les tiendrez joints l'un à l'autre avec la main & un linge replié en deux ou trois, que vous tiendrez ſerré autour, afin que l'air

extérieur ne s'y introduiſe point, & que la poudre encore toute embraſée, qui tombe du matras ne s'échappe point au dehors. Ce qui étant fait, vous tiendrez le flacon fermé avec un bouchon de verre bien ajuſté pour en faire l'uſage qui ſuit.

EFFETS.

Cette poudre étant refroidie, ſi vous en jettez deux ou trois grains dans la main ou ſur du papier, un inſtant après qu'elle a pris l'air elle s'échauffe, & chaque grain devient un petit charbon ardent, à la ſuperficie duquel on apperçoit dans l'obſcurité une petite flamme violette.

Cette eſpéce de phoſphore, qu'on pourroit nommer *pyrophore* à plus juſte titre, puiſqu'il brûle encore plus qu'il n'éclaire, ſe conſerve pendant pluſieurs années, ſi l'on a ſoin qu'il ne prenne point l'air, & qu'on ne le tienne point en petite quantité dans un grand vaiſſeau, quoique fermé: mais quand on ouvre ſouvent le flacon qui le contient, ou qu'on n'a pas pris ſoin de tenir le doigt ſur l'orifice, pour ne le laiſſer ouvert qu'autant qu'il

XIII. LEÇON.

le faut, pour en faire échaper quelques grains; peu à peu cette matiére perd de son activité, & tout son effet se borne à quelque léger degré de chaleur, qui ne va plus jusqu'à l'inflammation.

EXPLICATIONS.

M. Homberg travaillant sur la matiére fécale & sur l'alun mêlés ensemble, dans des vûes qui sont étrangéres à notre sujet, s'apperçut que la tête morte de ce mêlange distillé étant tout à fait refroidie, prenoit feu d'elle-même, lorsqu'on donnoit un accès libre à l'air dans la cornue*; voilà l'origine (*a*) du phosphore ou du pyrophore, dont je viens de décrire la préparation & les effets; si je substitue le miel à la matiére fécale, c'est pour m'épargner un travail désagréable qui n'est point nécessaire; car depuis cette découverte, un peu de ré-

* *Mém. de l'Académie des Sciences 1711. pag. 234.*

(*a*) Il paroît pourtant par le Mémoire même de M. Homberg, que je viens de citer, que dans le tems même qu'il faisoit cette découverte, quelqu'un employoit comme reméde *une espece de sel*, qui avoit la propriété de s'enflammer à l'air.

flexion, & l'expérience même ont fait connoître qu'on pouvoit également réussir en mêlant avec l'alun toute matiére capable de donner par la distillation une huile fétide ; ainsi la chair, le sang des animaux, le miel, la farine, &c. tout y est bon.

Pour rendre raison de l'embrasement subit qui naît ici par l'attouchement de l'air libre, je crois ne pouvoir mieux faire que de rapporter l'explication même qu'en a donné M. Homberg ; elle est très-plausible, & aucun Auteur que je sçache n'a essayé d'en donner une meilleure. « Pour » avoir, dit-il, une idée vraisemblable » de la maniére dont cette poudre » s'enflamme, il faut se souvenir qu'elle » est une matiére fortement calcinée » par le feu : elle a perdu dans cette » calcination toute la partie aqueuse » qu'elle contenoit, & la plus grande » partie de son huile & de son sel vo» latil ; elle a acquis par-là beaucoup » de grands pores que les matiéres » volatiles chassées par le feu ont lais» sés vuides, de sorte que la poudre » qui reste après la calcination, ne con» siste qu'en un tissu spongieux d'une

XIII. LEÇON.

» matiére terreuſe, qui a retenu tout
» ſon ſel fixe & un peu de ſon huile
» fétide, mais dont les pores & les
» locules vuides conſervent pendant
» quelque tems une partie de la flamme
» qui les a pénétrés pendant la calci-
» nation, à peu près comme il arrive à la
» chaux vive lorſqu'elle eſt dans le four.

» Cela étant, nous pouvons conſi-
» dérer que le ſel fixe, qui eſt en gran-
» de quantité dans cette poudre, ab-
» ſorbe promptement, & à ſon ordi-
» naire, l'humidité de l'air qui le tou-
» che, l'introduction ſubite de l'humi-
» dité de l'air dans les pores de la pou-
» dre y produit un frottement capable
» d'exciter un peu de chaleur, laquelle
» étant jointe aux parties de la flamme
» conſervée dans ces mêmes pores,
» compoſe une chaleur aſſez forte
» pour embraſer le peu d'huile, aiſé-
» ment inflammable, qui a échappé à
» la vigueur de la calcination, & qui
» fait partie de la poudre.

» Une preuve de cela, continue
» M. Homberg, eſt que quand on gar-
» de cette poudre en un vaiſſeau qui
» n'eſt pas exactement bouché, elle
» abſorbe peu à peu & lentement l'hu-

» midité de l'air qui la peut atteindre, » ce qui n'eſt pas capable de faire aſ- » ſez de frottement pour exciter au- » cune chaleur ſenſible; & la poudre » ſe gâte, enſorte qu'elle ne s'enflamme » plus, de même que la chaux vive » expoſée pendant quelque tems à » l'air ne s'échauffe plus, parce qu'elle » a abſorbé peu à peu une trop petite » quantité d'humidité à la fois pour » avoir reçû un frottement ſuffiſant » qui puiſſe exciter de la chaleur.

Quand on reçoit quelques grains de pyrophore dans la main un peu humide par la tranſpiration, ils s'y allument plus ſûrement & plus promptement que quand la peau eſt plus ſéche; & quand on les examine avec une loupe de verre, un inſtant avant qu'ils paroiſſent embraſés, on les voit s'entrouvrir & leurs petits éclats ſe remuer, de la maniére qu'on l'apperçoit à la vûe ſimple dans un morceau de chaux vive, ſur lequel on a jetté de l'eau par aſperſion.

Ces deux faits, dont je ſuis sûr, ne confirment point mal l'explication de M. Homberg, & nous invitent à croire que l'humidité qui régne tou-

XIII. LEÇON.

jours dans l'air, fait à l'égard de ces petits grains calcinés, ce que l'eau opére dans les molécules de l'esprit-de-vin, & l'acide nitreux dans celles des huiles essentielles, un frottement considérable en s'y introduisant, une prompte & extrême division des parties propres du corps dissoluble, & la liberté au feu qu'elles renferment, d'exercer son action (*a*).

APPLICATIONS.

DES trois derniéres expériences que j'ai rapportées, on peut tirer cette conséquence, que quand les molécules qui composent un certain volume de matiére, reçoivent des chocs ou des frottemens qui vont jusqu'à les diviser, soit que ces mouvemens naissent dans la matiére même par une cause interne, soit qu'on les y excite par l'introduction ou le mêlange d'une autre substance; pour l'ordinaire, il en résulte des degrés de chaleur qui peuvent aller jusqu'à l'embrasement:

(*a*) Voyez un Mémoire intitulé: *Nouvelle Théorie du Phosphore de Homberg*, parmi les Mémoires présentés à l'Académie Royale des Sciences par des Sçavans Etrangers. Tome III, page 180 & suivantes.

je

je dis pour l'ordinaire, car on pourroit m'objecter l'exemple de quelques mêlanges, où il se fait un bouillonnement qu'on prendroit pour une véritable effervescence, mais qui sont cependant accompagnés d'un refroidissement que le thermométre fait appercevoir clairement.

XIII. LEÇON.

Presque toutes les liqueurs odorantes qu'on met dans les flacons de poche, ou dans ceux dont on garnit les toilettes, ne sont autre chose que de l'esprit-de-vin chargé de quelque huile essentielle de plante aromatique; telles sont les eaux de la Reine d'Hongrie, de Mélisse, de Lavande, &c. quand on les mêle en suffisante quantité avec de l'eau, on ne doit point être surpris que ce mêlange reçoive tout d'un coup un degré de chaleur sensible; c'est au fond la même chose que ce que nous avons vû dans la cinquiéme expérience.

L'eau de-vie commune & le meilleur vin ne font pas la même chose, quoique l'une & l'autre liqueur soit en partie de l'esprit-de-vin, parce que, comme je l'ai dit plus haut, la chaleur n'est causée qu'autant que l'eau

XIII. LEÇON.

pénétre l'eſprit-de-vin, & qu'elle le diſſout, pour ainſi dire; mais quand cet eſprit eſt déja ſuffiſamment étendu dans ſon flegme naturel, ou dans l'eau qu'on y a ajoutée, il n'y a plus de pénétration à attendre, ni par conſéquent de nouveaux degrés de chaleur.

La matiére de la tranſpiration tient beaucoup de la nature de l'eau ou de celle de l'urine, ces deux liqueurs mêlées avec l'eſprit-de-vin s'échauffent ſenſiblement; n'eſt-ce point par cette raiſon qu'on ſent de la chaleur à la peau, quand on s'eſt frotté certaines parties du corps, ou avec l'eſprit-de-vin pur, ou avec quelque liqueur dont il eſt la baſe.

Si quelqu'un, pour épargner des frais de tranſport, trouvoit qu'il y eût à gagner en réduiſant l'eau-de-vie en eſprit, ſauf à y remettre la quantité d'eau convenable (*a*) quand la liqueur ſeroit arrivée au lieu de ſa deſtination; je ne crois pas qu'il dût faire

(*a*) Pour faire avec de l'eſprit-de-vin & de l'eau une liqueur à peu près ſemblable à de l'eau-de-vie, pour la force, ou pour le degré de dilatabilité, il faut les mêler dans la proportion de 3 à 2; c'eſt-à-dire, trois parties d'eau ſur deux d'eſprit-de-vin.

entrer en déduction le déchet de volume qui se fait & qui va, comme nous l'avons dit, jusqu'à $\frac{1}{20}$; car il est plus que probable que ce déchet se fait aux dépens de l'eau. De deux matiéres, dont l'une pénétre l'autre, il est naturel de penser que la plus poreuse, la plus pénétrable est celle qui reçoit l'autre dans ses pores; l'esprit-de-vin plus léger que l'eau, est sans doute celle des deux liqueurs qui a le plus de vuides à remplir (*a*).

Tous les végétaux qui fermentent, ne manquent pas de s'echauffer à proportion du mouvement intestin qui les agite; le vin qui bout dans la cuve, le cidre & la bierre qui forcent les tonneaux, le gonflement & l'effervescence des cerises & des autres fruits qu'on a écrasés pour faire des ratafias, sont autant d'exemples sensibles & familiers de cette vérité.

Les parties constituantes d'un mixte étant elles-mêmes des petites masses composées de plusieurs principes plus légers, plus volatils les uns que les

(*a*) Voyez le Mémoire de M. de Reaumur, cité ci-dessus, page 220, où ce que l'on suppose ici est plus amplement prouvé.

XIII. LEÇON.

autres ; dès que ces principes viennent à se désunir par la fermentation, ceux qui sont les plus propres à s'évaporer quittent la masse dont ils faisoient partie, & se dissipent dans l'air. Delà vient l'odeur forte que l'on sent dans les celliers où l'on fait le vin ou d'autres boissons, & généralement auprès de tous les corps qui fermentent un peu fortement. Ces vapeurs sont quelquefois si abondantes & si actives, qu'on a vû des hommes & d'autres animaux en être suffoqués dans un instant.

Mais comme ces évaporations se font aux dépens de certaines parties, & non pas de toutes également, c'est une conséquence nécessaire que la nature du mixte dans lequel se fait la fermentation, en reçoive un changement notable, puisque la dose ou la proportion des principes n'est plus la même qu'elle étoit ; aussi remarque-t-on que le goût & l'odeur en sont différens, & souvent même la couleur, la consistance, ou la fluidité, & d'autres qualités accidentelles qui dépendent du nouvel arrangement des parties qui restent, ou des nou-

veaux rapports qu'elles ont entr'elles. Le vin qui a cuvé ne ressemble plus à celui qui coule de la fouloire.

XIII. Leçon.

Dans un mixte qui a fermenté, les parties constituantes se composent donc de nouveau ; & comme la Nature agit avec d'autant plus de lenteur, qu'elle a dessein de former un ouvrage plus durable, ce n'est qu'après un tems assez long qu'on doit attendre un état décidé & fixe : aussi voyons-nous que les vins qui ont été gardés avec des précautions convenables sont meilleurs & plus constamment bons que ceux de la même qualité qui sont plus nouveaux.

On peut dire que les choses se passent ainsi pour l'ordinaire ; mais cette régle générale a des exceptions qui dépendent de plusieurs causes particuliéres, dans le détail desquelles je ne dois pas entrer ici. Je remarquerai seulement que dans l'intervalle de tems qu'une matiére employe à se recomposer après avoir fermenté, il peut arriver que cette opération naturelle soit troublée par une nouvelle fermentation, ou seulement par quelque évaporation qui diminue encore la

XIII. LEÇON.

dose des principes d'une certaine espéce, & alors le nouveau composé ne pourra pas être tel qu'il auroit été sans cet accident ; ainsi le vin qui travaille après être fait, pour parler le langage de l'art, court risque de se gâter s'il n'a que les principes qu'il lui faut pour être bon : & au contraire s'il en a quelques-uns de surabondans dont il puisse se purger, cette nouvelle fermentation y donnera lieu, & pourra le rendre meilleur.

Ce dernier cas est le plus rare ; & c'est pour cela que l'on fixe autant que l'on peut les liqueurs fermentées dans des bouteilles d'une médiocre capacité : ce moyen est assez sûr, quand le vaisseau est bien fermé, incapable de s'étendre comme pourroit faire un tonneau, & assez solide pour résister à l'effort qui se fait au-dedans ; voici une expérience bien simple qui le prouve.

Dans un tube de verre fermé hermétiquement par un bout, versez d'abord une certaine quantité d'huile de vitriol, & par-dessus faites couler doucement autant d'eau commune. Je dis doucement, afin que les deux liqueurs ne fassent que se toucher sans

se mêler : tenez ensuite le tube fermé, ou avec le bout du doigt, ou avec de la cire, & par-dessus un morceau de vessie mouillée, que vous lierez fortement ; mêlez ensuite les deux liqueurs en agitant le tube, vous n'aurez point de fermentation, quoique ce mêlange soit bien capable d'en faire une ; mais si vous ôtez le bouchon, vous aurez aussi-tôt une effervescence considérable.

Il résulte de cette expérience & de quantité d'autres semblables, que je pourrois citer, que la fermentation, sur-tout celle qui doit être accompagnée d'effervescence, n'a pas lieu dans un vaisseau bien bouché, & la raison s'en présente d'elle-même ; les parties des liqueurs pour fermenter doivent se désunir & se déplacer ; pour cet effet il leur faut plus d'espace qu'elles n'en occupent dans leur état naturel ; car tout assemblage de corps qui se dérange ne manque pas d'étendre ses limites : si le lieu où elles sont est rempli, ou par elles-mêmes, ou par de l'air qui ne puisse point assez céder aux efforts qu'elles font pour se mouvoir, elles seront contenues dans leur

XIII. Leçon.

ancien état, & elles garderont tout au plus, & pour un tems, une diſpoſition prochaine à fermenter, auſſi-tôt qu'elles en auront la liberté, comme nous le voyons tous les jours à l'ouverture des bouteilles de vin de Champagne ou de bierre nouvelle.

Ce qu'on nomme vulgairement *putréfaction*, ou *pourriture*, n'eſt autre choſe qu'une fermentation qui a fait plus ou moins de progrès, & ne convient qu'à des matiéres mixtes, à des corps dont les parties conſtituantes peuvent ſe décompoſer: de l'eau bien pure, par exemple, ne fermente point ſeule, pace que toutes ſes parties ſont homogénes ou comme telles, & qu'après une évaporation conſidérable, ce qu'il en reſte dans le vaiſſeau, eſt un aſſemblage de parties, en plus petit nombre à la vérité, mais toujours eſſentiellement ſemblable à celles qui ont été évaporées. La corruption que l'on apperçoit dans l'eau, quand il y en a, eſt une preuve très-certaine qu'elle n'eſt point pure, & que ce qu'elle contient d'étranger eſt une matiére mixte capable de s'altérer, de ſe décompoſer.

Quoique

Quoique l'eau pure ne fermente point par elle-même, elle peut aider la fermentation des autres corps. Les herbes & les plantes ſont aſſez ſujettes à ſe pourrir & à s'échauffer ; mais on remarque que cela leur arrive principalement dans ces deux circonſtances réunies ; 1°, Quand on les coupe en état de verdeur, c'eſt-à-dire, avant qu'elles ſoient ſéchées ſur pied. 2°. Lorſqu'on les tient amoncelées ſans les remuer. XIII. LEÇON.

Les ſucs des plantes vertes ſont pour l'ordinaire des parties graſſes & ſalines combinées de différentes maniéres, & étendues dans beaucoup de flegme : tant que ce flegme (qui n'eſt, à proprement parler, que de l'eau) eſt aſſez abondant, il entretient la mobilité des autres principes, & la ſoupleſſe des fibres qui doivent ſe prêter à leurs mouvemens. Dans une plante vivante, cette fonction de la partie aqueuſe entre avec ſuccès dans les vûes de la Nature; c'eſt un véhicule employé & dirigé ſelon les loix de la végétation ; mais quand le tranchant du fer a interrompu cette économie ; quand la plante ceſſe de vé-

géter; alors chaque principe, comme abandonné à lui-même, & n'étant plus déterminé par les causes qui le faisoient précédemment concourir à la nutrition & à l'accroissement du corps organisé auquel il appartient, demeure libre d'obéir à toute autre détermination. En un mot, on peut regarder tous les autres principes d'une plante morte par rapport au flegme qui les abreuve, comme autant de parties oisives qui nagent dans une certaine quantité d'eau; si ces parties peuvent s'exhaler promptement, si rien d'ailleurs ne s'oppose à leur évaporation, les plus volatiles abandonneront la masse, & les plus fixes demeureront unies sous un moindre volume: tel est l'état d'une plante qui se desséche.

Mais si cette prompte évaporation n'a pas lieu, la partie aqueuse, toujours fort abondante, agira comme dissolvant sur les autres; elle les pénétrera, elle les divisera, elle les agitera de toutes les maniéres; & à leur tour ces principes développés, & comme aiguisés par la division, porteront aussi leur action sur les solides;

& il se fera une dissolution générale. XIII. Leçon.
Comme tout cela ne peut se faire sans que la matiére du feu se dégage, & se mette en jeu, cette putréfaction doit être accompagnée d'un certain degré de chaleur; & voilà précisément ce qu'on voit arriver aux légumes, aux feuilles des arbres, & aux herbes vertes que l'on a mis en tas.

C'est donc avec grande raison que l'on prend soin de faire bien sécher les herbes des prairies après qu'on les a fauchées, en les étendant & en les retournant plusieurs fois pendant la plus grande ardeur du soleil : cette façon, qu'on nomme *fanner*, est si nécessaire, que quand on la néglige un peu, ou que le mauvais tems en empêche les effets, le foin ne manque pas de s'échauffer & de prendre un mauvais goût. On assure même qu'on l'a vû quelquefois prendre feu de lui-même dans les granges, & causer d'affreux incendies. Ce que je dis ici du foin doit s'entendre de tous les végétaux, & de la plûpart des fruits; quand il s'agira de les serrer, ou de les garder long-tems,, on doit avoir attention qu'ils soient suffisamment séchés, que

XIII. LEÇON.

leurs sucs soient comme fixés par un certain degré d'épaississement, & que les solides qui les renferment ne puissent être entammés ou amollis par aucune humidité extérieure.

Sans cette derniére précaution, la paille même la plus séche devient fumier; & le fumier, comme l'on sçait, n'est autre chose que la littiére des chevaux, des vaches, & des autres animaux, qui se pourrit & qui fermente avec les excrémens. Comme cette fermentation se fait avec lenteur, le degré de chaleur qui en résulte est doux, & peut durer long-tems. C'est pourquoi l'on s'en sert avec beaucoup d'utilité, non-seulement pour engraisser les terres & les fertiliser, mais encore pour échauffer les couches des potagers, & procurer d'avance à certaines plantes la douce température qu'une saison trop tardive ne pourroit leur donner.

Feu M. de Reaumur, toujours aussi attentif qu'il étoit ingénieux à rendre la Physique utile, fit il y a environ 15 ans une application assez importante de ce moyen qui est si facile, & qui coûte si peu. Il s'en servit avec tout le

succès qu'on pouvoit désirer pour suppléer à la chaleur d'un oiseau qui couve. Il laissa aux poules de sa basse-cour le soin de pondre des œufs, & il les dispensa de celui de les faire éclore; de-là il arriva qu'il eut beaucoup plus d'œufs qu'il n'en auroit eu; car on sçait que les poules ne pondent point pendant tout le tems qu'elles mettent à couver, & encore au-delà: il plaçoit ces œufs en tel nombre qu'il vouloit dans un ou dans plusieurs paniers plats; il mettoit ces paniers les uns sur les autres dans un tonneau couvert d'une planche arrondie, & entourré de fumier nouveau: un seul homme prenoit soin que la chaleur s'entretînt toujours à peu près égale, (*a*) au bout de vingt & un

(*a*) Pour cet effet, il y a parmi les œufs un ou plusieurs petits thermométres que l'on a soin de visiter de tems en tems; quand la chaleur est trop forte, on donne un peu d'air frais en ôtant un moment cette planche arrondie, qui sert de couvercle au tonneau, ou en débouchant des trous qu'on y a pratiqués. Si au contraire la chaleur devient trop foible, on ajoute du fumier plus nouveau autour du tonneau. La précaution la plus essentielle qu'on doit avoir, c'est qu'il ne regne point d'humidité dans le tonneau, & pour cela il faut qu'il soit enduit de plâtre en dedans, & que cet en-

XIII. LEÇON.

jours, terme ordinaire de l'incubation naturelle, on voit, quand on ſuit ce procédé, éclore des poulets qui ne connoiſſent point de mere ſous l'aile de laquelle ils puiſſent être reçus : on y ſupplée en les faiſant paſſer du tonneau dans une caiſſe longue auſſi entourée de fumier, mais inégalement afin que les nouveaux-nés puiſſent eux-mêmes choiſir le degré de chaleur qui leur convient le mieux.

Voilà donc ces fameux fours d'Egypte (*a*) ſi long-tems enviés par d'autres Nations vainement déſirés & tentés par les Princes (*b*), les voilà

duit ait eu tout le tems de ſécher: le degré de chaleur le plus convenable c'eſt 32 degrés au thermométre de M. de Reaumur ; mais quelques degrés de plus ou de moins ne gâtent rien.

(*a*) Les habitants de Bermé, village d'Egypte à cinq lieues du Caire, ſont depuis très-long-temps dans l'uſage de faire éclore dans des fours faits exprès des œufs qu'on leur porte par milliers ; & de cette pratique dont ils ſont ſeuls en poſſeſſion, ils ſe ſont fait un commerce très-conſidérable.

(*a*) J'ai vu faire il y a environ trente ans, à Chantilly bien des tentatives inutiles à ce ſujet : on ſe ſervoit d'étuves avec un feu de lampe ; mais apparemment que la vapeur de l'huile empêchoit le ſuccès. Pluſieurs fois le poulet s'eſt formé, mais il n'eſt jamais venu à bien, ou s'il eſt éclos, il n'a point vécu.

donc enfin imités, (je dirois presque surpassés, eu égard à la facilité & au peu d'appareil de l'opération,) par des fours de fumiers. Quand on a vu ce dont il est question, quand on en a admiré le succès, on est presque aussi surpris de voir que cela ait été si long-tems à se présenter; & que ce dût être le fruit des recherches d'un grand homme : mais ne sçait-on pas que nous nous éloignons souvent des objets que nous cherchons, parce que nous ne pouvons pas nous imaginer qu'ils soient si près de nous : il y a presque autant de mérite à replier son esprit sur des choses simples pour y recueillir une vérité que personne ne daignoit y chercher, qu'il peut y en avoir à lui laisser prendre tout son essort pour faire une découverte à laquelle bien d'autres prétendent.

LES fours où l'on entretient continuellement un très-grand feu, tels que sont ceux des verreries ou de fayanceries, périssent entiérement & se dissolvent, pour ainsi dire, lorsqu'on les éteint pour les racommoder, si l'on ne prend pas la précaution d'en fermer exactement toutes

les bouches & tous les endroits par
XIII. où l'air pourroit y entrer librement.
LEÇON. C'eſt un fait que j'ai appris des ouvriers mêmes & des directeurs de ces Manufactures, & contre lequel je les ai vu ſe mettre en garde. Les effets de l'air humide ſur le pyrophore de M. Homberg, dont nous avons parlé dans la derniére expérience, nous mettent à portée de rendre raiſon de celui-ci. Car comme cette matiére fortement calcinée ſe ſaiſit avec avidité des particules d'eau qui la touchent, & qu'elle perd par cette imbibition ſubite preſque toute ſa conſiſtance, de même l'humidité de l'air ne manqueroit pas de pénétrer intimement les eſpéces de briques dont ces fours ſont fabriqués en dedans, ſi leurs pores extrêmement dilatés par l'action du feu n'avoient tout le tems qu'il leur faut pour ſe reſerrer, avant qu'on les ouvre pour les réparer.

C'EST ici le lieu de dire un mot des météores enflammés qu'on attribue communément à certaines exhalaiſons qui s'embraſent ſous différentes formes dans l'Atmoſphére, par fermentation ou autrement : c'eſt un ſujet

qu'il ſeroit bien difficile de traiter à fond, ſur-tout ſi l'on ſe propoſoit non-ſeulement d'expoſer, mais auſſi d'expliquer tous les phénoménes qu'elle préſente. Preſque tous ces feux aëriens inſpirent plus de frayeur que de curioſité à la plûpart de ceux qui en ſont témoins; s'il s'en trouve qui ayent le courage de vouloir les obſerver, ces effets preſque toujours momentanés, échappent aux yeux les plus attentifs; & ſi l'on veut s'en inſtruire par le rapport d'autrui, l'amour du merveilleux dans une matiére qui n'en a déja que trop, altére bien ſouvent la vérité des récits, & enveloppe un fait qui eſt vrai, dans des circonſtances qui ne le ſont pas, & qui le rendent inexplicable.

C'eſt pourquoi nous ſommes encore peu inſtruits ſur cette partie de la Phyſique qui attire depuis tant de ſiécles les regards & l'attention des hommes. Nous n'avons ſur les météores enflammés que des conjectures; encore eſt-il plus facile de les attaquer par des objections ſérieuſes, que de les défendre par des raiſons ſatisfaiſantes de tout point: conjectures ſur la vraie

XIII. LEÇON.

matiére de ces feux ; conjectures sur la cause de leur inflammation ; conjectures sur la maniére dont ils opérent les effets qu'on est comme forcé de leur attribuer ; incertitude par-tout.

A l'égard des matiéres que la nature employe pour ces grandes & effrayantes opérations, il est assez naturel de penser qu'elle les choisit parmi les exhalaisons qui s'élévent de la terre, & qui montent dans l'Atmosphére jusqu'à une certaine hauteur. Ce qui autorise à le croire, c'est que ces feux sont plus fréquens & communément plus considérables, suivant les lieux & la saison où l'on sçait que ces sortes d'exhalaisons propres à s'enflammer, sont plus abondantes ; dans les pays chauds & pendant l'été des autres climats, dans les contrées où le terrein est bitumineux ou mêlé de soufre, on voit plus souvent qu'ailleurs & que dans d'autres tems les phénoménes dont il est question.

Ces petites flammes errantes, par exemple, qu'on nomme *Feux folets*, & ausquels les gens de la campagne attribuent tant de malignité, se voyent assez communément sur la fin de l'été,

ou au commencement de l'automne dans les endroits marécageux & dans les cimetiéres où la terre eſt graſſe & ſulfureuſe de ſa nature, ou par les cadavres qu'elle renferme; l'état du lieu & celui de la ſaiſon déterminent à croire que ce ſont des petits nuages d'exhalaiſons enflammées, ou peut-être ſimplement phoſphoriques qui flotent au gré du vent, & qui continuent de luire juſqu'à ce que la matiére qui fournit à l'inflammation, ſoit entiérement conſumée, ou que la lumiére dont elle brille, ſoit éteinte.

Un voyageur mal inſtruit de la route qu'il doit tenir, court riſque de s'égarer, ou de tomber dans quelque précipice, s'il s'obſtine à ſuivre cette lueur incertaine & vacillante; mais ce n'eſt point, comme on le voit bien, par la malice de ſon guide; c'eſt parce qu'il eſt mal éclairé dans des lieux où il y a aſſez ordinairement des mares ou des trous pleins d'eau.

J'ai peine à croire, comme l'aſſure Robert Flud, que quand on ſe ſaiſit de ces feux, ou que quand on remarque l'endroit où ils ſe ſont poſés, on y trouve une matiére glaireuſe; il fau-

XIII. Leçon.

droit donc qu'elle fût bien raréfiée ; pour se soutenir en l'air si long-tems. Au reste si cette observation étoit bien constatée, il ne faudroit plus regarder ce phénoméne comme un feu, comme une vapeur enflammée, mais simplement comme un phosphore volant.

Il n'est pas douteux que parmi une infinité de matiéres différentes qui s'exhalent de la terre, il n'y en ait beaucoup qui soient de nature à s'enflammer ; les différentes odeurs qui se font sentir dans les jardins, près des cloaques, dans les voiries & ailleurs, nous prouvent incontestablement que les exhalaisons sont de toutes les espéces ; que l'air se charge des sels, des soufres, des huiles, des esprits, comme des parties aqueuses, dont nous n'ignorons pas qu'il est abondamment rempli.

Et toutes ces substances que nous sçavons être inflammables, lorsqu'elles sont en liqueurs, ne le sont pas moins lorsqu'elles sont subtilisées & réduites en vapeurs. Combien de plantes aromatiques dont on voit les exhalaisons s'enflammer, lorsqu'on en approche une bougie allumée dans un lieu obscur ? La fraxinelle, par exem-

ple, est très-propre à cette épreuve: & si l'on veut encore quelque chose de plus frappant, on peut recevoir dans une grosse vessie séche & bien transparente la fumée d'un peu d'huile de Térébenthine que l'on fera bouillir dans un petit matras sur des charbons ardens. La vessie étant bien remplie de cette fumée, & ouverte seulement d'un trou large comme un petit écu, si l'on y présente la flamme d'une chandelle, toute la vapeur, (fût-elle refroidie,) s'allumera subitement, & plusieurs fois successivement.

C'est par de pareilles expériences que l'on essaye d'expliquer ces feux que nous appercevons si souvent à des hauteurs assez considérables dans l'air, tantôt sous la forme d'une fusée, & que le vulgaire appelle pour cela *Etoiles qui filent*, tantôt sous la figure d'un petit globe rayonnant de lumiére, & qui descend avec une médiocre vîtesse, ce que l'on nomme parmi le peuple *Etoile tombante* Ces apparences, dit-on, sont causées par des traînées ou par des petits nuages de vapeurs inflammables qui s'allument, & dont la lumiére prend telle ou telle di-

XIII. LEÇON.

rection, tel ou tel degré de vivacité, suivant la position & la nature des matiéres qui prennent feu.

Il ne manque à cela pour quadrer avec les exemples sur lesquels on s'appuye, que la chandelle qui doit mettre le feu à ces matiéres combustibles, & qu'on suppose toutes prêtes à s'enflammer; mais comme elles sont de nature à fermenter avec d'autres matiéres qui peuvent s'être élevées de la terre aussi-bien qu'elles, & que ces sortes de fermentations, comme nous l'avons fait voir, peuvent aller jusqu'à l'inflammation; on peut encore, sans rien outrer absolument, imaginer que les unes & les autres sont parvenues à la même hauteur par différentes routes, & que le feu qu'on apperçoit, annonce le moment où elles se joignent & se mêlent.

Si cependant ces déflagrations fortuites de matiéres spécifiquement différentes, qui s'élévent dans le même milieu sans se mêler, si ce n'est en certains cas, avoient peine à gagner la confiance du Lecteur; si de plus ces fermentations enflammées dont nous avons donné un exemple dans la si-

xiéme Expérience, bien-loin de lui prouver la poſſibilité de celles qu'on ſuppoſe dans l'Atmoſphére, (toujours chargé de quelque humidité,) ne faiſoient que lui rendre cette ſuppoſition plus ſuſpecte, à cauſe de l'attention ſcrupuleuſe, mais néceſſaire, que nous avons eue de n'employer que des matiéres bien déflegmées; ce ne ſeroit pas la peine de ſuivre plus loin les raiſons que l'on prétend donner des autres phénoménes du même genre; car on va voir les *peut-être* ſe multiplier, & les vraiſemblances diminuer à meſure que nous entrerons plus avant dans l'examen des météores fulminans.

XIII. LEÇON.

Qu'eſt-ce que cette lumiére vive & ſubite qui s'élance d'un nuage entre-ouvert, & qu'on nomme *Eclair*? Quelle eſt la cauſe de ce bruit terrible que nous entendons au-deſſus de nos têtes, qui éclate de mille maniéres différentes, & qu'on appelle *Tonnerre*? Enfin qu'eſt-ce que cette matiére que nous appellons *foudre ou carreau* qui renverſe en un clin d'oeil les édifices les plus ſolides, qui brûle & qui fond les corps les plus durs, & dont les effets tiennent du prodige, non-ſeule-

ment par la grandeur, mais encore plus par leur ſingularité?

XIII. Leçon.

Nombre d'Auteurs ont fait leurs efforts pour répondre à ces queſtions: parmi ceux qui me paroiſſent avoir le mieux réuſſi, on peut conſulter principalement une ſçavante Diſſertation du P. de Lozeran, Jéſuite, qui fut couronnée par l'Académie de Bordeaux en 1726. On y verra non-ſeulement, comme dans preſque tous les ouvrages où ce ſujet eſt traité, que la matiére propre du tonnerre eſt composée d'exhalaiſons qui s'enflamment; mais on y apprendra encore comment elle ſe prépare dans la nuée, & par quel méchaniſme elle prend ſon eſſor. Si l'obſervation qu'on lit dans une lettre à part, à la ſuite de cette Diſſertation, a été faite par un homme, qui ait vû de ſang froid tout ce qu'il rapporte, & qui n'ait rien mis de ſon imagination, il faut avouer que le pere de Lozeran n'avoit point mal deviné; & à l'égard de l'Obſervateur, c'eſt bien le cas de dire qu'il a pris la nature ſur le fait.

Sans entrer dans un détail auſſi délicat, nous ſuppoſerons, comme on fait en général, que la matiére du

tonnere eſt un mêlange d'exhalaiſons capables de s'enflammer, en fermentant, ou par le choc & la preſſion des nuées que les vents agitent & pouſſent violemment les unes contre les autres.

XIII. LEÇON.

Lorſqu'une portion conſidérable de ce mêlange vient à prendre feu, il ſe fait une exploſion plus forte ou plus foible ſuivant la quantité ou la nature des matieres qui s'enflamment, ou ſuivant le plus ou le moins d'obſtacles qui s'oppoſe à leur expanſion ſubite.

Si l'inflammation ſe fait d'une médiocre quantité de matiéres, & au bord de la nuée; cet effet ſe paſſe ſans bruit, au moins à notre égard, il n'en réſulte qu'un éclat de lumiére à peu près comme ſi nous appercevions de loin une certaine quantité de poudre qui s'enflammât librement en plein air, & ſans être renfermée. Voilà l'éclair qui nous éblouit, ſans nous rien faire entendre. Mais quelle vivacité de lumiére pour une ſimple vapeur qui s'allume loin de nous! Combien n'en faut-il pas pour nourrir pendant cinq ou ſix heures & même davantage, tous ces feux qui ſe ſuccédent continuelle-

XIII. LEÇON.

ment! Et comment tant de matiéres brûlées ne répandent-elles pas une odeur qui parvienne jusqu'à nous; surtout quand il tombe une pluie abondante de l'endroit même où se font toutes ces déflagrations! Passons à d'autres effets.

Qu'une plus grande quantité de cette même matiére vienne à fermenter dans le corps même de la nuée; aussi-tôt grande effervescence, bouillonnemens, explosions: & si cette premiere portion éclatant ainsi, en rencontre une semblable qui n'ait point tout ce qu'il lui faut de mouvement pour éclater elle-même; elle l'animera de son action, & celle-ci une troisiéme: de proche en proche il se fera une suite d'explosions d'autant plus violentes que ces matiéres seront enveloppées de nuages plus épais. C'est ainsi, dit-on, que se font ces coups simples, ou redoublés, qu'on entend quand il tonne, & dont les échos peuvent encore augmenter la durée.

La nuée entre ouverte par les grandes explosions, laisse échapper une partie de ces feux qu'elle renferme. Autant de fois que cela arrive,

c'eſt un éclair, plus vif que les précédens, & qui annonce un coup, que nous n'entendrons pourtant qu'après quelques inſtans, parce que le bruit ou le ſon ne ſe tranſmet pas avec autant de promptitude que la lumiére.

Si vous me demandez pourquoi tant de feux n'échauffent point la nuée qui les porte, & par quelle raiſon la pluie qui en vient n'eſt pas chaude? Je répondrai qu'apparemment cette pluie ſe refroidit en traverſant l'air pour parvenir juſqu'à terre. Mais ſi vous inſiſtez en obſervant que toutes les fois qu'il pleut, même pendant qu'il tonne, on apperçoit par le thermométre, que l'air devient plus froid, je conviendrai du fait, & j'avouerai que c'eſt une vraie difficulté qui mérite qu'on y réfléchiſſe : car de l'eau qu'on peut légitimement ſoupçonner d'avoir été fortement échauffée, ne doit pas naturellement rendre l'Atmoſphére plus froide qu'elle n'eſt.

Enfin, faiſons tomber la foudre : mais avant qu'elle s'élance hors de la nuée, voyons en gros les qualités qu'elle doit avoir pour opérer, je ne dis pas toutes ces merveilles, vraies

XIII. LEÇON.

ou fausses, dont on rempliroit des volumes, si l'on vouloit seulement en faire l'énumération, mais ces principaux effets que personne n'ignore, & qui sont comme la source de tous les autres.

Tout le monde sçait 1°, que la foudre vient sur l'objet qu'elle frappe, avec une vîtesse presque égale à celle de l'éclair qui l'annonce. 2°, Que sa direction n'est pas toujours celle d'un corps grave qui obéit librement à sa pesanteur, puisqu'elle agit latéralement, & même de bas en haut. 3°, Qu'elle laisse des marques de percussion violente, comme pourroit faire une masse très-dure. 4°, Qu'elle est capable d'embraser, de fondre, de calciner dans un instant tout ce qu'elle touche, ce que feroit à peine le feu le plus actif. 5°, Qu'elle peut faire périr des animaux sans qu'on y apperçoive ensuite aucune cause de mort bien marquée. 6°, Qu'elle laisse souvent après elle une fumée fort épaisse, & une odeur de soufre qui dure longtems & qui s'étend au loin.

Quiconque entreprend d'expliquer la foudre, doit donc envisager tous

ces effets, & ne propoſer pour cauſe que ce qui eſt capable de les produire ſelon les loix établies dans la Nature, & que nous lui voyons ſuivre dans le reſte de ſes opérations.

Pour rendre raiſon de la chûte précipitée de la foudre, de ſa force percuſſive, de l'embraſement qu'elle cauſe, &c. n'allons donc pas imaginer *des globes de matieres enflammées, qui enveloppent & qui compriment un noyau d'air, pour en faire un corps dur & ſi lourd, que la vîteſſe de ſa chûte puiſſe répondre à la grandeur de ſon poids.* (*a*) On nous renverroit, & avec raiſon, au Rudiment de la Phyſique, pour apprendre que l'air eſt de toutes les matiéres que nous connoiſſons le moins propre à faire un corps d'un grand poids; que les matiéres enflam-

(*a*) Je ne combats point ici des erreurs imaginaires: c'eſt en ſubſtance ce que j'ai lû dans un Ouvrage qui a paru il y a quelques années. L'Auteur eſt un homme de mérite que je n'ai point deſſein de mortifier par ma critique; mais ſa réputation, qu'il ſoutient très-bien dans les choſes qui ſont plus directement de ſon reſſort, pourroit en impoſer à des Lecteurs timides; & c'eſt uniquement pour prévenir ce mauvais effet que je prends la liberté de corriger ſes idées.

XIII. Leçon.

mées le raréfient ou le dilatent nécessairement, & ne le condensent pas; qu'un tel corps, s'il avoit lieu, pesat-il vingt milliers, ne tomberoit guéres plus vîte qu'un grain de grêle, & enfin que quand il jouiroit de toute la vîtesse que peut lui donner la pesanteur, sans même avoir égard à la résistance d'aucun milieu, il mettroit quatre secondes de tems pour faire une chûte de deux cens quarante pieds, ce qui ne ressemble guéres à la vîtesse de la foudre. Si nous épousons des conjectures, tâchons au moins qu'elles ne heurtent point de front les principes les plus connus & les plus certains.

Quelqu'opinion qu'on embrasse de toutes celles qui ont paru jusqu'ici touchant cette matiére (*a*), la fou-

(*a*) Il faut pourtant en excepter celle de feu M. Maffei, qui prétendoit que la foudre ne vient point d'en-haut, mais de la terre : ce Sçavant étoit, si ferme dans ce sentiment, il prétendoit avoir des preuves si fortes pour le soutenir, qu'il ne comprenoit pas même comment on pouvoit en embrasser un autre; on juge bien qu'il comptoit au nombre de ces argumens, les difficultés qu'on peut faire contre l'opinion commune que nous venons d'exposer, & qu'il en connoissoit, comme nous, & peut-être mieux que

dre est toujours une vapeur enflammée qui créve la nuée tantôt par en haut, tantôt par en bas, ou de côté, qui s'élance avec une vîtesse proportionnée à son explosion; comme la poudre qui s'enflamme dans une bombe, porte son action aux environs quand elle a brisé le métal qui la retenoit; la foudre part donc à chaque coup de tonnerre qui est précédé d'un éclair, mais elle ne frappe les objets terrestres que quand elle éclate dans une direction qui l'y conduise.

Qu'elle arrive avec une vîtesse inexprimable, qu'elle enflamme, qu'elle fonde, qu'elle consume ce qu'elle touche, c'est l'effet que l'on conçoit d'une violente explosion, & d'un feu dont l'activité surpasse les idées communes. Quand il ne s'agit que d'étendre notre imagination pour atteindre à des conceptions dont les germes, pour ainsi dire, nous sont déja familiers; cela coûte beaucoup

nous, tous les endroits foibles. Sans adopter strictement la prétention de M. Maffei, je suis bien-aise de faire remarquer qu'un habile homme à prétendu que la foudre n'est point une matiére enflammée qui tombe de la nuée.

XIII. Leçon.

moins que de paſſer tout d'un coup à des idées neuves, à des idées qui ne ſont ſoutenues par aucun exemple. Je ſçai qu'une fuſée, à laquelle on met le feu, s'élance dans l'air, & va crever à trois cens ou quatre cens pieds de diſtance; cette image, toute foible qu'elle eſt, m'aide à regarder, au moins comme poſſible, l'arrivée preſque ſubite d'un feu tout autrement préparé dans la partie moyenne de l'Atmoſphére, & tout ce qu'il peut faire ici-bas ſoit en qualité de feu, ſoit en qualité de vapeur pénétrante, embraſement de charpentes, fuſion de métaux, ſuffocation d'animaux, &c.

L'eſprit ne trouve pas de même de quoi s'appuyer quand il conſidére ces grand chocs, ces percuſſions qui paroiſſent n'avoir porté qu'en un ſeul endroit, & dont les marques reſſemblent bien mieux à celles qu'auroit pû laiſſer un boulet de canon, ou la chûte d'un rocher, qu'aux impreſſions toujours plus étendues d'un fluide qui auroit heurté avec la derniére violence; j'ai vû moi-même de ces coups de tonnerre tout récens dans de gros murs : rien ne reſſembloit

mieux

mieux à l'enfoncement qu'auroit fait un corps très-dur lancé avec la plus grande force. J'ai vu des poutres brisées par le même accident, où l'endroit du choc étoit marqué par une place noircie, à peu près large comme la main.

Gardons-nous bien cependant pour nous mettre l'esprit à l'aise sur ces phénoménes, de faire naître dans la nuée des corps durs & pesans, des masses solides qui répondent à l'idée que nous avons de la force percussive du tonnerre ; de ces *pierres de foudre*, par exemple, dont on prétend avoir encore les précieux restes en plusieurs endroits, & qui ne sont aux yeux des connoisseurs que des pyrites ou des pierres dont l'espéce est connue : il faudroit que ces masses fussent bien autrement grandes qu'on ne nous les montre, avec toute la vîtesse qu'on leur suppose, pour faire en qualité de corps durs les effets que produit souvent un coup de tonnerre. Il faudroit encore qu'ils ne se formassent que dans l'instant même qu'ils commencent à tomber ; car comment se soutiendroient-ils dans un fluide qui ne

peut porter que des vapeurs.

XIII. Leçon.

Achevons d'expoſer l'opinion la plus vraiſemblable & la plus reçue, en ſuppoſant pour l'effet dont il s'agit, que la matiére de la foudre, toujours de la même nature que celle des éclairs, n'en différe en ce dernier cas que parce qu'elle a été chaſſée de la nuée avant que d'avoir fait ſon exploſion. Semblable à la bombe qu'une charge de poudre chaſſe du mortier avant qu'elle créve, cette matiére, lorſqu'elle eſt arrivée à terre, éclate contre l'objet ſolide qu'elle rencontre, elle l'enfonce, elle le rompt à l'endroit où elle le touche; elle ne l'enflamme point ſi elle n'a pas eû le tems de le toucher aſſez, de s'y attacher avant que d'éclater, & de ſe diſſiper. On conçoit bien qu'un tel effet ne peut ſe paſſer ni ſans fumée, ni ſans odeur.

Après tout ce que je viens de dire touchant les météores enflammés, ne me reprochera-t-on pas d'avoir jetté plus d'incertitudes que d'inſtructions dans l'eſprit de mon Lecteur? J'ai cependant compté l'inſtruire en lui montrant les endroits foibles du ſyſ-

tême que j'expoſois, afin que s'il n'en eſt pas plus content que je le ſuis, il ſuſpende ſon jugement comme je ſuſpends le mien, & qu'il ſe tienne toujours prêt à examiner ſans prévention tout ce qu'on pourra eſſayer de dire par la ſuite ſur le même ſujet.

Si quelqu'un, par exemple, entreprenoit de prouver par une comparaiſon bien ſuivie des phénoménes, que le tonnerre eſt entre les mains de la Nature ce que l'électricité eſt entre les nôtres, que ces merveilles dont nous diſpoſons maintenant à notre gré, ſont de petites imitations de ces grands effets qui nous effrayent, & que tout dépend du même méchaniſme : ſi l'on faiſoit voir qu'une nuée préparée par l'action des vents, par la chaleur, par le mêlange des exhalaiſons, &c. eſt vis-à-vis d'un objet terreſtre, ce qu'eſt le corps électriſé, en préſence & à une certaine proximité de celui qui ne l'eſt pas ; j'avoue que cette idée, ſi elle étoit bien ſoutenue, me plairoit beaucoup ; & pour la ſoutenir, combien de raiſons ſpécieuſes ne ſe préſentent pas à un homme qui eſt au fait de l'électricité ?

XIII. LEÇON.

L'univerſalité de la matiére électrique, la promptitude de ſon action, ſon inflammabilité & ſon activité à enflammer d'autres matiéres ; la propriété qu'elle a de frapper les corps extérieurement & intérieurement juſques dans leurs moindres parties ; l'exemple ſingulier que nous avons de cet effet dans l'expérience de Leyde, l'idée qu'on peut légitimement s'en faire, en ſuppoſant un plus grand degré de vertu électrique, &c. tous ces points d'analogie que je médite depuis quelque-temps commencent à me faire croire, qu'on pourroit en prenant l'électricité pour modéle, ſe former touchant le tonnerre & les éclairs, des idées plus ſaines & plus vraiſemblables que tout ce qu'on a imaginé juſqu'à préſent (*a*) : mais il eſt tems de finir cette digreſſion, & d'achever ce que nous avons à dire ſur les différentes maniéres dont on peut exciter l'action du feu.

Il en eſt une que la nature pratique d'elle-même, & qui n'a beſoin du ſecours de l'art, que quand il s'agit de

(*a*) Depuis la premiére édition de ce volume, ces conjectures ſont devenues preſque des certitudes. Voy. *mes Lettr. ſur l'Electricité*, &c. 1752.

porter les effets jusqu'à l'embrasement. Le Soleil en éclairant la terre, entretient un certain degré de mouvement dans le feu, qui appartient à cette Planete ; tous les corps terrestres dont les plus petits vuides sont occupés par cet élément, se ressentent plus ou moins de son action, suivant que leur nature les en rend plus ou moins susceptibles, ou que l'astre qui l'excite, les regarde plus ou moins directement : & tout est mesuré de maniére, que comme l'influence du soleil n'est jamais sans effet, aussi la chaleur qui en résulte se contient-elle toujours dans des bornes qui sont beaucoup au-dessous de ce que nous appellons embrasement.

Mais ces mêmes rayons qui n'excitent qu'un degré de chaleur assez limité, quand on les reçoit dans l'ordre qu'ils ont naturellement entr'eux, en venant immédiatement du Soleil, échauffent considérablement, brûlent, enflamment & consument les corps sur lesquels on les multiplie, ce qui peut se faire par plusieurs moyens dont je vais donner quelques exemples, en commençant par le plus simple.

XIII. LEÇON.

VIII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

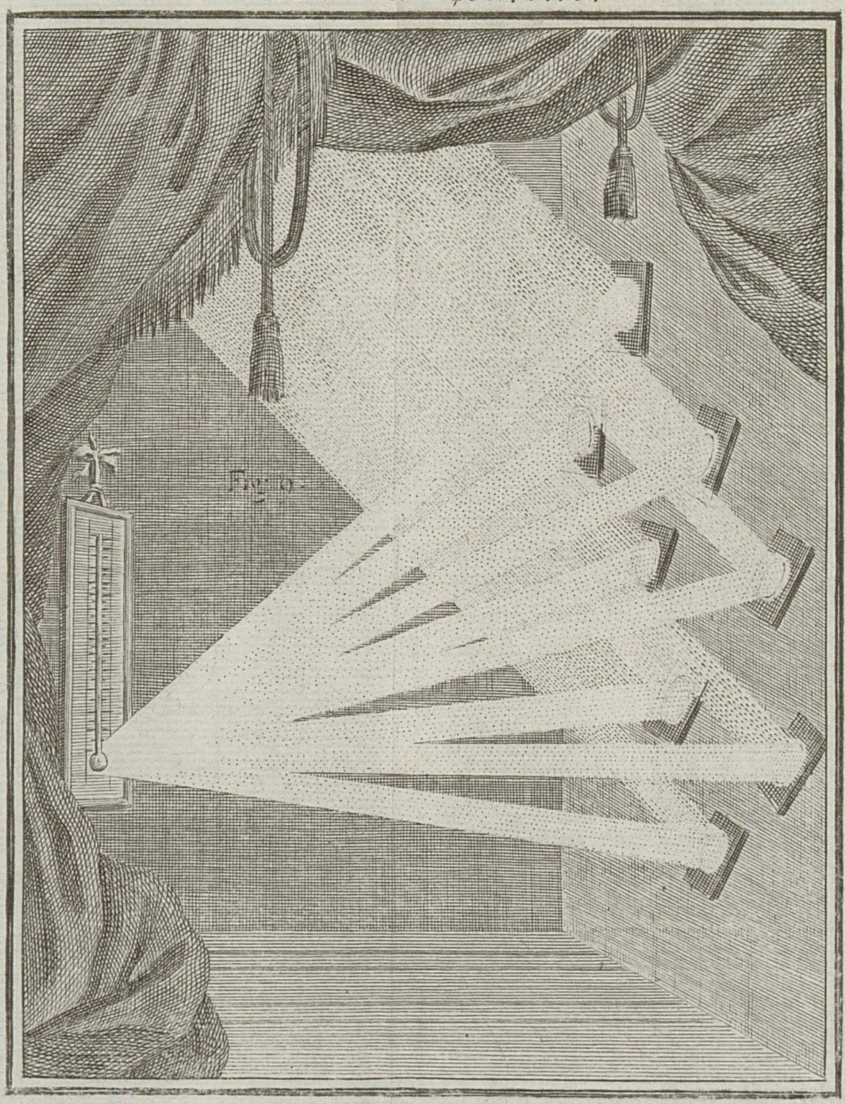
QUE huit ou dix perſonnes reçoivent en même-temps les rayons du Soleil ſur des miroirs plans de trois ou quatre pouces de diamétre ; & que chacune d'elles ait ſoin de faire réfléchir ces rayons ſur la boule d'un thermométre placé d'une maniére convenable à une diſtance de douze ou quinne pieds. Voyez la fig. 9.

EFFETS.

EN peu de tems on verra la liqueur du thermométre monter beaucoup au-deſſus de l'endroit où elle étoit avant que de recevoir toutes les images coincidentes du Soleil.

EXPLICATIONS.

JE ne veux conſidérer ici que l'effet de pluſieurs images du ſoleil réunies, appliquées en même-tems ſur le même objet, renvoyant à la quinziéme Leçon tout ce que j'ai à dire touchant l'eſpéce de mouvement qu'on doit attribuer aux rayons ſolaires, tou-


Fig. 9.

chant la cauſe & les loix de leur réflexion, &c.

XIII. LEÇON.

Chacun des Miroirs plans de notre expérience, reçoit un certain nombre de rayons, dont une partie demeure ſans action (au moins pour l'effet dont il s'agit) à cauſe des imperfectiont inévitables de la ſurface réfléchiſſante; le reſte eſt renvoyé dans un eſpace un peu plus grand que le miroir pour des raiſons que je dirai ailleurs; ainſi le nombre des rayons étant diminué d'une part, & leur action affoiblie, puiſqu'elle eſt étendue ſur une plus grande place, il arrive que le thermométre, s'il n'étoit expoſé qu'à une ſeule de ces images réfléchies du ſoleil, recevroit moins de chaleur, que s'il étoit expoſé, comme le miroir, aux rayons directs. Mais ce déchet ou cet affoibliſſement de l'image du Soleil réfléchie, n'eſt point auſſi conſidérable qu'on pourroit le croire: on voit par les expériences de M. du Fay, que la dixiéme partie des rayons ſolaires renvoyés par un miroir plan d'un pied en quarré, à la diſtance de cent toiſes, avoient encore la force de brûler, quand on les

XIII. LEÇON.

raſſembloit dans un très-petit eſpace, de la maniére dont nous ferons mention ci-après.

Huit ou dix images du Soleil ſemblables à celles dont je viens de parler, étant donc réunies ſur un même eſpace, quoique chacune d'elle ſoit un peu affoiblie, toutes enſemble produiſent un aſſez grand degré de chaleur ; & l'on conçoit bien, qu'en multipliant ainſi ces images, ſur le même ſujet, on pourroit l'échauffer, juſqu'à le brûler ou le fondre : car il n'en eſt pas de ces rayons multipliés & réunis, comme de pluſieurs qui auroient chacun un certain degré de chaleur. Une pinte d'eau chaude, multipliée huit ou dix fois dans le même vaſe, ne fera pas monter le thermométre au-delà de ce qu'une ſeule pourroit faire ; ou ſi l'on veut, que l'égalité des volumes, dans l'exemple que je veux donner, réponde mieux à l'unité d'eſpace qui reçoit les rayons, quatorze livres de mercure ne communiquent pas plus de chaleur à un petit corps, qu'une livre d'eau chauffée au même degré ; au lieu que chaque rayon ſolaire eſt doué d'une puiſ-

sance dont l'intensité croît par cela même qu'elle est unie avec d'autres puissances semblables.

IX. EXPERIENCE.

Preparation.

La figure 10 représente un miroir rond & concave, de métal, qui a environ deux pieds de largeur, & dont la concavité fait partie d'une sphére de cinq pieds de diamétre. On oppose ce miroir au Soleil, de façon que son axe *AB* fasse un angle fort aigu avec les rayons incidens de cet Astre.

Effets.

On apperçoit un cône de lumiére très-vive, dont la base est appuyée sur la surface du miroir, & si l'on présente au sommet *C* de ce cône, quelque éclat de bois, ou quelqu'autre corps combustible ; le feu y prend dans le moment même, ce qu'on apperçoit par la fumée épaisse, & par la flamme qui en sortent. Une lame de plomb, ou d'argent, qu'on tient avec une pince longue, pendant quelques instans, au même endroit, s'y fond & tombe

XIII. LEÇON.

par gouttes ; les pierres s'y calcinent, & les matiéres qui peuvent se convertir en verre, s'y vitrifient. Mais pour ce dernier effet, comme il faut tenir la matiére en fusion pendant quelque tems, il faut qu'elle soit posée dans un petit creux fait dans un charbon que l'on tient au foyer *C*.

EXPLICATION.

PUISQUE les Géométres considérent le cercle comme un polygone d'une infinité de côtés, & que les surfaces tiennent tout ce qu'elles sont de la nature des lignes qui les composent, nous pouvons regarder la surface réfléchissante de notre miroir, comme un assemblage d'un très-grand nombre de petits miroirs plans, insensiblement inclinés les uns aux autres, selon la courbure d'une sphére, & supposer, jusqu'à ce que nous le prouvions ailleurs comme il convient, que chacun d'eux recevant l'image du Soleil, ou un petit bouquet de rayons lumineux venans de cet Astre, se trouve justement tourné de maniére à le réfléchir au point *C*, ou fort près aux environs. On voit par-là, comment

toutes ces images sont rassemblées dans un petit espace ; & comme on a fait voir par l'expérience précédente, que plusieurs images du Soleil coincidentes au même endroit, y augmentent la chaleur, à proportion de leur nombre, on conçoit aisément, que toutes les facétes qu'on peut imaginer dans un miroir concave, qui a deux pieds de diamétre, peuvent former, par les rayons qu'elles réfléchissent, un foyer assez ardent pour produire les effets dont j'ai fait mention.

Ce qu'on ne peut assez admirer, c'est la grande activité de ce feu élémentaire, qui dans un instant prend toute sa force, & qui la perd de même ; dans ce même foyer où le métal couloit, il n'y reste aucune marque de chaleur extraordinaire, dès qu'un simple voile vient à cacher le miroir.

X. EXPERIENCE.

PREPARATION.

RECEVEZ les rayons du Soleil sur un de ces verres, avec lesquels on voit les objets plus gros qu'avec la vûe sim-

XIII. LEÇON.

ple, & qu'on nomme vulgairement *loupes* ou *lentilles*, parce qu'ils ſont terminés par deux ſurfaces convexes, dont chacune eſt une portion de ſphére. *Fig.* 11.

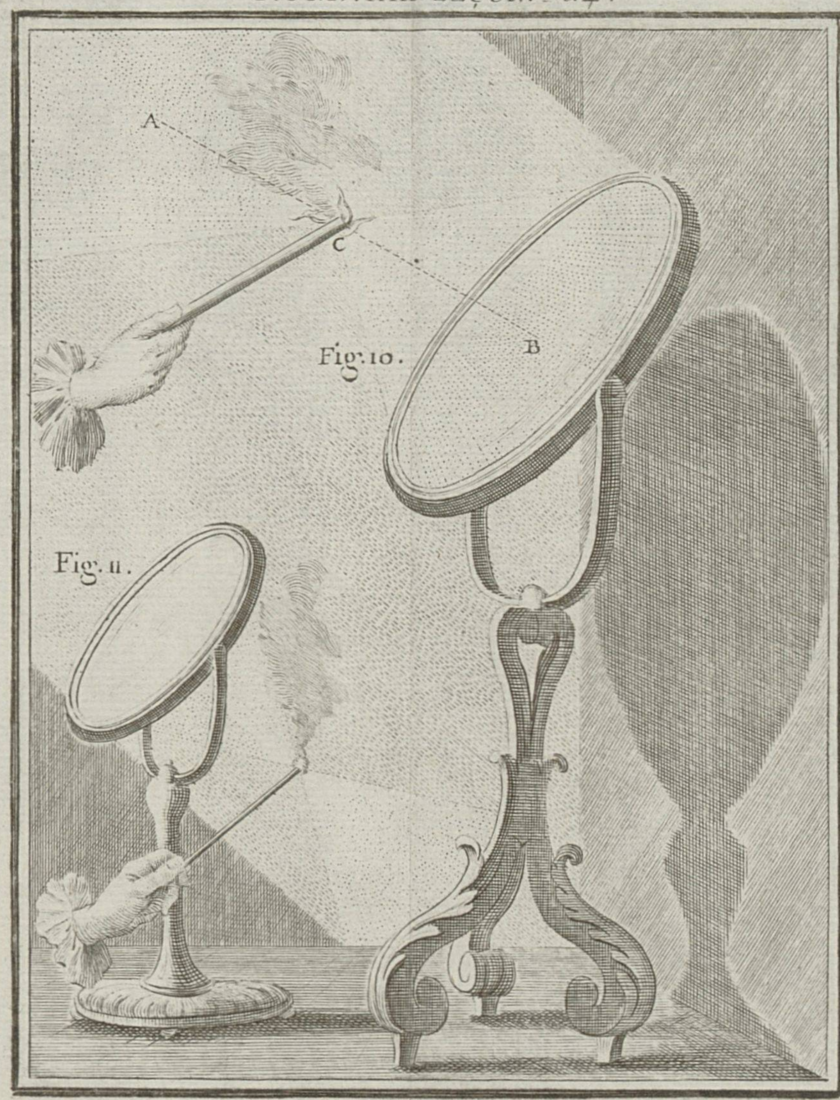
EFFETS.

A quelques pouces au-delà de ce verre, s'il eſt un peu large & fort épais du milieu, vous appercevrez le ſommet d'un cône de lumiére, dont la baſe ſera appuyée ſur la ſurface poſtérieure du verre, comme celui de l'expérience précédente avoit la ſienne poſée ſur la ſurface antérieure du miroir.

Au ſommet de ce cône, ſi vous expoſez quelque matiére combuſtible, comme de l'amadoue, du drap, un morceau de feutre, vous le verrez fumer & prendre feu dans l'inſtant.

EXPLICATION.

JE me diſpenſe encore ici de faire connoître par quelle raiſon une lentile de verre raſſemble les rayons ſolaires ou leur action dans un petit eſpace,renvoyant cette théorie à la Leçon qui comprendra les principes de


A
C
B
Fig. 10.
Fig. 11.

la Dioptrique. Je me contente à préſent de conſidérer ces rayons réunis, par un moyen différent de ceux que j'ai employés précédemment, & d'en tirer cette conſéquence, que de quelque maniére que cela ſe faſſe, ce feu, pour ainſi dire, concentré, devient d'autant plus actif, qu'il eſt raſſemblé en plus grande quantité dans un petit eſpace ; que ſon action ſe tranſmettant aux parties de ſon eſpéce, aux parties ignées qui ſont cachées & comme aſſoupies dans les pores d'une matiére, les excite, juſqu'au point d'y faire naître, non-ſeulement de la chaleur, mais même un véritable embraſement.

Qu'on ne croye pas cependant que cet effet vienne de quelque propriété appartenante à la matiére du verre, tout dépend de la tranſparence & de la figure ; & cela eſt ſi vrai, qu'une maſſe d'eau bien nette, que l'on fait geler dans un vaſe qui a la forme d'une demi-lentille, & que l'on expoſe un moment aux rayons du Soleil, après l'avoir détachée de ſon moule, occaſionne comme le verre de notre expérience, un foyer où l'on voit brû-

XIII. LEÇON.

ler le linge, le bois, &c. Je fais voir la même chose & en tout tems dans mes leçons publiques, avec une masse d'eau contenue dans une sorte de vaisseau de verre qui a la forme d'une grande lentille.

Ce n'est pas non plus de la matiére du miroir que dépend essentiellement le foyer brûlant dont nous avons vû les effets ; c'est encore de la figure & du poli de la surface : rien ne le prouve mieux, que de mettre le feu, comme on le peut faire, aux corps combustibles, avec des miroirs de plâtre ou de carton doré. Il s'est trouvé même des gens assez oisifs & assez patiens pour en faire avec des lames de paille choisie, arrangées & proprement collées sur une surface sphérique concave, & avec cette paille ainsi disposée, on mettoit le feu à d'autre paille.

APPLICATIONS.

Il passe pour certain dans l'esprit de bien des gens qu'Archimédes mit le feu à la flotte des Romains, lorsqu'ils étoient devant Syracuse pour en faire le siége. Et plusieurs Historiens qui font mention de cet événement, di-

ſent que cela ſe fit par le moyen de certains miroirs, qui placés ſur les remparts de la Ville, réuniſſoient les rayons du Soleil en quelque endroit d'un vaiſſeau des Aſſiégeans; les Phyſiciens moins occupés de la vérité du fait (encore douteux par bien des raiſons (*a*),) que de ſa poſſibilité, ſe ſont partagés de ſentiments, parce qu'ils ont pris des idées différentes de la conſtruction des miroirs, & de la diſtance à laquelle ils ont dû agir.

L'effet dont il eſt queſtion, devient d'une difficulté qui le peut faire regarder comme impoſſible, ſi l'on ſuppoſe un miroir d'une ſeule ſurface, dont le foyer ſoit à un éloignement de ſix ou ſept cens pieds, tel que pourroit bien être celui d'une flotte qui aſſiége une ville. Car alors il faudroit que le miroir fût d'une grandeur à laquelle l'art ne peut atteindre moralement parlant, & en voici la raiſon.

(*a*) Conſultez ſur ce ſujet une Diſſertation de M. Bulfinger, qui a pour titre *de Speculo Archimedis*; & le Mémoire de M. de Buffon, lû à la rentrée publique de l'Académie après Pâques 1747, *Mém. de l'Acad. des Sc. pour l'année 1747.*

XIII. Leçon.

Souvenons-nous de ce qui a été dit plus haut d'après M. Du Fay, que tous les rayons du Soleil qui ſont réfléchis par un miroir plan, d'un pied en quarré, s'étendent & s'écartent tellement après la réflexion, qu'à ſix cens pieds de-là ils occupent un eſpace environ dix fois auſſi grand que le miroir. D'où il ſuit que dans un pied quarré de cette place illuminée par la lumiére réfléchie, il n'y a que la dixiéme partie des rayons qui ſont partis du miroir. Un thermométre y ſeroit donc dix fois moins échauffé, qu'il ne le ſeroit s'il étoit plongé dans ces mêmes rayons, à une petite diſtance du miroir, comme de ſept ou huit pieds, où l'image du Soleil réfléchie n'eſt point encore conſidérablement aggrandie.

Maintenant, conſidérons le miroir concave d'une ſeule ſurface, dont le foyer ſeroit à ſix cens pieds, comme diviſé en pluſieurs portions quarrées, ſemblables au miroir plan, dont je viens de parler, (*a*) il faudroit qu'il

(*a*) Cette comparaiſon ne doit pas être priſe à la rigueur, puiſque chaque portion quarrée du miroir concave, ſeroit elle-même

en

en comprît dix pour rassembler à six cens pieds sur un espace d'un pied en quarré, autant de rayons qu'il en vient du Soleil sur un seul de ses quarrés, & par conséquent il seroit nécessaire de multiplier beaucoup le nombre des quarrés, ou (ce qui est la même chose) d'augmenter la grandeur du miroir plus qu'on ne peut espérer de le pouvoir faire, pour lui procurer un foyer brûlant à la distance dont il s'agit.

On pourroit donc regarder le fait d'Archimédes, non-seulement comme apocryphe, mais même comme impossible, si l'on avoit d'assez fortes raisons pour croire que la flotte des Romains ne s'approcha point des murs de Syracuse plus près que six cens pieds, & que ce grand Méchanicien n'eût en sa disposition qu'un miroir d'une seule piéce.

Mais rien n'oblige absolument à croire ni l'un ni l'autre; il paroît même

un petit miroir un peu concave, mais comme cette concavité seroit peu sensible, nous la comptons pour rien dans une explication qui ne doit servir qu'à faire entendre ce que nous avons présentement en vûe.

XIII. LEÇON.

par le témoignage de quelques Auteurs (*a*), que la flotte Romaine s'avança vers la Ville jusqu'à la portée d'un trait qui se lançoit avec la main : ce qui nous donne l'idée d'une distance bien au-dessous de six cens pieds, & l'on peut légitimement supposer que l'ingénieux Archimédes, dans une Ville riche & accommodée de tout point, s'est aidé de plusieurs miroirs, s'il n'a pû avec un seul remplir tout son dessein.

Au reste, en ne considérant que la possibilité du fait, nous pouvons assurer maintenant sur la foi de la théorie & de l'expérience, qu'avec des miroirs dont l'exécution n'est pas trop difficile, on peut faire un foyer brûlant qui atteigne plus loin que le javelot qu'on lançoit avec la main. Pour éviter les frais d'un grand miroir de métal, dont la matiére & les façons ne peuvent jamais être que d'un prix assez considérable, plusieurs Physiciens de ces derniers tems ont pris le parti d'en composer avec des morceaux de miroirs plans, attachés dans

(*a*) *Voyez le Mémoire de M. de Buffon*, *cité plus haut*.

une eſpéce de chaſſis, & arrangés de maniére qu'étant expoſés au Soleil, ils réfléchiſſoient tous vers le même endroit. M. de Buffon qui a beaucoup enchéri ſur cette premiére ébauche, en a fait conſtruire un derniérement, dont les effets ont agréablement ſurpris tous les curieux qui en ont été témoins. Ce miroir actuellement, brûle du bois à deux cens pieds, fond de l'étain à cent cinquante pieds, & du plomb à cent quarante (*a*), & ſon inventeur compte qu'il lui fera faire la même choſe, à une diſtance encore plus grande. XIII. LEÇON.

Je dis ſon inventeur, car quoique M. de Buffon ne ſoit pas le premier qui ait fait des miroirs ardens de pluſieurs piéces, le ſien eſt tellement ſupérieur aux autres par la grandeur de ſes effets, & par l'ordonnance de ſa conſtruction, qu'il mérite de paſſer pour l'Auteur de cette belle machine,

(*a*) M. de Buffon s'eſt aidé, pour la conſtruction de ce miroir, de M. Paſſement, dont les talens ſont très-connus, ſur-tout pour ce qui regarde les inſtrumens de dioptrique & de catoptrique, & en particulier pour les téleſcopes de réflexion, dont il a donné un Traité il y a environ 20 ans.

XIII. LEÇON.

comme Boyle passe pour être celui de la pompe pneumatique dans l'esprit de bien des gens, qui n'ignorent peut-être pas qu'il a été précédé en cela par Otto Guerik.

Une des perfections qu'on admire avec raison, dans le miroir dont je parle, c'est que son foyer peut se porter à différentes distances, chacune des petites glaces dont il est composé étant mobile, & pouvant se fixer aisément à différens degrés d'inclinaison, de sorte qu'avec les mêmes piéces on peut faire un miroir plus ou moins concave.

PUISQUE les rayons du Soleil, réfléchis même par des miroirs plans, ne perdent pas le pouvoir qu'ils ont d'échauffer les corps sur lesquels on les fait tomber, on doit s'attendre de voir augmenter la chaleur dans tous les endroits exposés à de pareilles réflexions, & pour cet effet il n'est pas besoin qu'il y ait de ces corps polis, que nous appellons communément *miroirs*. Presque toutes les surfaces réfléchissent la lumiére, sinon visiblement, du moins d'une maniére imperceptible, qui se fait sentir avec le

tems. Ainſi une muraille , ſur-tout ſi elle eſt blanche & unie, une chaîne de rochers, une montagne, & généralement tout corps ſolide oppoſé au Soleil, eſt capable d'en renvoyer les rayons, & de cauſer des augmentations de chaleur particulieres à certains endroits, & qui ne tirent point à conſéquence pour la température générale de l'atmoſphére.

Les perſonnes qui tiennent un état des variations du froid & du chaud de chaque ſaiſon, en conſultant tous les jours le thermométre à certaines heures, doivent donc examiner avec attention ſi le lieu où l'inſtrument eſt placé, ne reçoit pas de rayons du Soleil réfléchis par quelqu'édifice ou autrement ; car comme cette cauſe accidentelle eſt variable, à cauſe des différentes hauteurs du Soleil, & par bien d'autres raiſons, les obſervations ſur leſquelles elle influeroit, ne manqueroient pas de ſe reſſentir de ces irrégularités.

Quand les rayons réfléchis ſe mêlent à ceux qui viennent directement du Soleil, il en réſulte une augmentation de chaleur bien plus ſenſible en-

XIII. LEÇON.

core, & plus efficace. C'eſt pour cette raiſon ſans doute que les fruits qui viennent en eſpaliers, & que les légumes qu'on plante ou qu'on ſéme à l'abri d'une muraille expoſée au midi, ſont ordinairement plus hâtifs, & mûriſſent mieux que les autres ; il y en a tels, qui ſans ce moyen ne parviendroient jamais à maturité dans certains climats.

Le voyageur trouve la chaleur en Eté moins ſupportable dans les lieux creux ou dans les vallées, que ſur les hauteurs ; c'eſt que la maſſe de l'air qui y eſt échauffée comme par-tout ailleurs, par les rayons directs du Soleil, l'eſt encore par une infinité de réflexions, dont les effets ſont d'autant plus forts, que les côteaux ſont plus arides, plus remplis de rochers découverts, & oppoſés de plus près les uns aux autres.

Si le verre de la onziéme Expérience étoit beaucoup plus large, il recevroit & réuniroit à ſon foyer un plus grand nombre de rayons ſolaires ; & puiſque une lentille de quelques pouces de diamétre, en raſſemble déja aſſez pour brûler, quels effets ne de-

vroit-on pas attendre d'un corps diaphane, qui avec cette figure lenticulaire, auroit un diamétre de trois ou quatre pieds ? La chymie qui doit à l'action du feu presque tout ce qu'elle nous offre de curieux & d'utile, auroit lieu d'attendre de grands secours, & d'heureuses découvertes, si, à l'aide d'un pareil instrument, elle pouvoit substituer, en certaines occasions, le feu pur du Soleil, à celui de ses fourneaux, dont elle a, pour ainsi dire, épuisé le pouvoir.

Tels étoient les regrets & les désirs des Chymistes, lorsque M. Tsehirnausen, plus à portée que personne de les entendre, (car il étoit Allemand) produisit ces fameux verres ardens, dont les principaux effets sont décrits dans l'Histoire de l'Académie des Sciences 1699. p. 90. & suiv. M. le Duc d'Orléans, Régent, plein de zèle pour le progrès des sciences & des arts, en acheta un dont il fit faire plusieurs épreuves en sa présence, & qui servit depuis en différens tems à Messieurs Homberg, Geofroy, &c, pour faire plusieurs expériences curieuses, dont on trouve les résultats dans les Mé-

XIII. LEÇON.

moires de l'Académie. * Ce verre appartient actuellement à l'Académie Royale des Sciences ; il eſt convexe des deux côtés, & eſt portion de deux ſphéres, dont chacune auroit douze pieds de rayon ; il péſe 160 livres ; & pour donner une idée de l'activité de ſon foyer, il ſuffira de dire ici, que l'or y fume, & ſe diſperſe en pluſieurs petites gouttes imperceptibles, qui ſautent de tous côtés.

* 1702. pag. 141. 1705. page 39. 1707. page 40. 1709. page 162. 1711. pag. 16.

Quoique ces ſortes de miroirs tranſparens aient aſſez bien répondu à l'idée avantageuſe qu'on s'en étoit faite d'avance, & que par leur moyen on puiſſe obtenir des effets qu'on ne peut pas ſe promettre avec un feu moins pur, avec notre feu commun, on peut les regarder cependant comme une reſſource ſur laquelle il n'y a guéres à compter pour des particuliers, tant à cauſe de la dépenſe qu'ils exigent, que par les difficultés qu'on trouve à les mettre en uſage ; à peine trouve-t-on dans toute une année huit ou dix jours propres à ces ſortes d'opérations, encore n'eſt-ce point dans l'Eté qu'il les faut choiſir ; car (ce qu'on n'auroit jamais voulu

croire,

croire, ſi l'expérience ne l'avoit fait voir, les grandes chaleurs nuiſent conſidérablement à ces effets ; de plus, on a toutes les peines imaginables à tenir au foyer les matiéres qu'on voudroit y travailler ; & enfin l'embarras de manier une pareille machine, ajoute beaucoup à la délicateſſe des Manipulations, qui exige ſouvent une induſtrie peu commune de la part de l'Artiſte.

Le frottement ou les coups redoublés, la fermentation & l'efferveſcence, la réunion des rayons ſolaires ; voilà donc les principaux moyens par leſquels nous voyons commencer l'embraſement ou l'inflammation des matiéres combuſtibles. Nous allons voir dans la Leçon qui ſuit, comment ce feu, une fois excité, exerce ſon action ſur les autres corps, à quoi l'on peut réduire ſes principaux effets, & de quelle maniére on peut les entretenir, les augmenter, les modérer & les faire ceſſer.

XIV. LEÇON.

Suite des propriétés du Feu.

III. SECTION.

Des effets du Feu.

TOUS les effets du feu, quoiqu'ils nous paroissent extrêmement variés & multipliés, peuvent se rapporter à ces deux chefs. 1°. *Luire* ou *éclairer*. 2°. *Raréfier les corps*, c'est-à-dire, étendre dans un plus grand espace les parties qui les composent, en diminuer ou en faire cesser l'union & la cohérence. De ces deux effets principaux je ne veux développer ici que le dernier, l'autre appartenant à la lumiére, dont je dois traiter dans le cinquiéme volume. Je me propose donc de suivre l'action du feu sur différentes matiéres, de faire remarqner les divers changemens qui ont coutume d'en résulter, selon la nature du corps

qui s'échauffe ou qui s'embrase.

Ces deux causes combinées, je veux dire le degré de chaleur & le choix de la matiére que l'on chauffe, nous font voir dans les effets du feu, des variétés si considérables, qu'un esprit peu circonspect pourroit croire que la nature opére les contraires par la même voie. On amollit certains corps au même feu qui en durcit d'autres; dans le même fourneau l'on voit couler telles & telles matiéres, où d'autres qui étoient molles se durcissent. Ce qui devient liquide par un certain degré de chaleur, s'épaissit jusqu'à être un corps dur quand on le chauffe davantage. Un métal se purifie au feu, tandis qu'un autre s'y altére, &c.

Ces changemens si différens entre eux, commencent tous, ou sont précédés par un premier effet qui est commun à tous les degrés de chaleur, & à toutes les espéces de matiéres sur lesquelles on fait agir le feu. Avant tout autre changement, le corps chauffé se dilate, sa masse se raréfie, son volume augmente, & cela est si général, que le pouvoir de pénétrer & de raréfier tout, peut être regardé com-

XIV. LEÇON.

me le caractère distinctif du feu ; nous voyons bien des matiéres qui en pénétrent d'autres, & qui les dilatent, mais je ne connois que le feu qui s'insinue sans exception dans tous les corps, qui rende leur matiére plus rare, & qui désunisse nécessairement leurs parties. Etablissons ceci sur des expériences bien décisives ; & pour faire voir combien cette vérité a d'étendue, chauffons des liquides & des solides, & parmi ceux-ci choisissons par préférence les corps les plus compacts, les plus durs, & ceux dont les parties ont le plus de roideur ; le verre, par exemple, & les métaux, afin que le Lecteur voyant la dilatation bien prouvée dans les espéces qui semblent les moins dilatables, soit comme forcé de la conclure *à fortiori* pour toutes les autres.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

A, *Fig.* 1. est un vaisseau de verre formé d'une boule creuse de la grosseur d'une orange, ou à peu près, & d'un tube long de douze ou quinze

pouces, dont le diamétre intérieur n'a guéres qu'une ligne : ce vaisseau est rempli d'eau colorée jusques en *a*, où l'on met une marque avec un fil noué ou autrement, mais toujours de maniére qu'on puisse la changer de place. Si l'on tient d'une main cet instrument, qui ressemble assez à un gros thermométre, & qu'on en plonge la boule pendant quelques instans, dans un vase rempli d'eau prête à bouillir ; on apperçoit ce qui suit.

EFFETS.

Pendant l'immersion de la boule, on voit la liqueur du tube descendre précipitamment de huit ou dix lignes, & quelquefois davantage au-dessous de la marque qui est en *a*, & remonter ensuite un peu plus haut que cet endroit, dès qu'on a ôté la boule de l'eau chaude.

Si l'on remet la marque où la liqueur a cessé de monter, & qu'on replonge la boule, on apperçoit encore le même effet, & ainsi plusieurs fois de suite.

Mais les dernieres immersions font moins descendre la liqueur que les

XIV. LEÇON.

premiéres, & cette liqueur, en remontant, excéde la marque d'autant plus que la boule a été plongée un plus grand nombre de fois, ou que ses immersions ont été d'une plus longue durée.

EXPLICATIONS.

Quand un corps chaud en touche un autre qui l'est moins, il lui communique de sa chaleur suivant de certaines proportions, dont j'aurai occasion de parler dans la suite ; c'est-à-dire, que le feu ou son action passe de l'un à l'autre, & continueroit d'y passer, s'il y avoit assez de tems, jusqu'à ce que les deux corps unis, l'un en se refroidissant, l'autre en s'échauffant, eussent acquis une température commune & nouvelle pour tous les deux.

Ainsi le feu qui est dans l'eau du vase *B*, pénétrant l'épaisseur de la boule de verre, qu'on y plonge, en écarte les parties, & augmente par cet effet sa capacité: la boule devenue plus grande reçoit une portion de la liqueur qui est dans le tube, ce qui ne peut manquer de causer un vuide au-dessous de la marque *a*.

Mais auſſi-tôt que cette boule eſt ſortie de l'eau chaude, elle eſt bientôt refroidie, tant par l'air qui la touche extérieurement, que par l'eau qu'elle contient, & qui n'a pas eû le tems de s'échauffer comme elle. Ses parties ſe rapprochent donc, elle reprend à peu-près ſa premiére capacité, & ne pouvant plus contenir la portion de liqueur qui étoit deſcendue du tube, elle doit l'obliger à remonter vers *a*.

La liqueur y remonte en effet, & même un peu plus haut, non pas que la boule ſoit devenue plus petite qu'elle n'étoit avant ſon immerſion, mais parce que l'eau qu'elle contient a reçû un peu de la chaleur du verre, & que cette eau étant elle-même ſuſceptible de dilatation, comme je le prouverai, ſon volume en eſt un peu augmenté.

Cette aſcenſion de la liqueur dans le tube, au-deſſus de la marque, donne un nouveau degré de force à la preuve que je tire de la dépreſſion qui a précédé; car puiſque la chaleur, bien loin de diminuer le volume de l'eau qui eſt dans la boule (ſi quel-

XIV. LEÇON.

qu'un vouloit le croire) eſt capable au contraire de le dilater & de l'étendre, il n'eſt pas poſſible d'attribuer à une autre cauſe qu'à l'aggrandiſſement du verre, cet abaiſſement de la liqueur qu'on apperçoit d'abord dans le tube.

Après que le verre eſt refroidi, s'il eſt replongé une ſeconde ou une troiſiéme fois dans l'eau chaude, il s'y dilate de nouveau, & l'on voit recommencer tout ce qui dépend de cette dilatation ; nouvel aggrandiſſement de la boule, nouvel abaiſſement de la liqueur dans le tube.

Mais comme les immerſions multipliées donnent lieu à la chaleur de ſe communiquer aſſez ſenſiblement à l'eau colorée de la boule, cette liqueur raréfiée elle-même, augmente un peu de volume, & ne laiſſe pas dans le verre qui s'aggrandit, autant de vuide qu'elle en laiſſeroit, ſi elle reſtoit froide, d'où il arrive que la boule ſe remplit d'autant moins aux dépens de la liqueur qui eſt dans le tube : la même choſe arrive, & par les mêmes raiſons, ſi la boule, au lieu d'être plongée un grand nombre

de fois de ſuite, l'eſt ſeulement une fois ou deux pendant un certain eſpace de tems.

APPLICATIONS.

LORSQUE je plonge dans l'eau chaude, l'inſtrument dont je viens de parler, la plûpart des perſonnes qui me voyent faire cette expérience, s'imaginent toujours que la boule va être briſée par l'action ſubite du feu qu'elle éprouve : elle le ſeroit en effet, ſi le verre n'étoit pas fort mince, ou ſi la chaleur ne l'attaquoit que par un endroit ſeulement ; car les parties ignées qui font effort pour le pénétrer, dilatant fortement ſa ſurface extérieure, avant que celle du dedans pût être étendue proportionnellement, ne manqueroient pas d'occaſionner une ſolution de continuité. C'eſt ce qu'on voit arriver tous les jours aux caraffes ou autres vaiſſeaux de verre épais, qu'on expoſe bruſquement à un grand feu, ou aux gobelets & aux pots de criſtal ou de fayance, qu'on emplit ſans précaution d'une liqueur très-chaude.

Mais ſi tous ces vaiſſeaux ſont bien

XIV. LEÇON.

minces, & que le degré de chaleur auquel on les expoſe, ſe partage également, & en même-tems à toute leur ſurface, il arrive rarement qu'ils ſe caſſent, parce que toutes les parties ſe prêtent comme de concert à l'action du feu, & qu'en s'écartant un peu les unes des autres, pour donner paſſage à cet élément, elles conſervent entr'elles le même ordre qu'elles ont coutume d'avoir.

Ce n'eſt pas qu'on ne puiſſe bien auſſi donner un grand degré de chaleur à un vaſe de verre épais ſans le caſſer ; ces mêmes caraffes qu'on voit ſe fendre au feu, quand on les en approche ſans précaution, on peut les y tenir, lorſqu'elles ſont mieux ménagées, juſqu'à faire bouillir l'eau qu'elles contiennent : il ne s'agit que de les chauffer par degrés, & lentement, afin que la matiére du feu les puiſſe pénétrer peu-à-peu, & en dilater les pores ſans interrompre entiérement l'union des parties. C'eſt ainſi qu'on préſerve de fracture le gobelet ou la taſſe qu'on veut remplir d'une liqueur bouillante, en l'échaudant d'abord par la vapeur, ou par quel-

ques gouttes de cette liqueur qu'on y faire couler & qu'on remue.

Au reste, si ces vaisseaux fragiles dans lesquels on peut impunément faire bouillir de l'eau avec la précaution dont je viens de parler, ne sont pas toujours pleins, on court grand risque de les voir se fendre quand on viendra à les remuer ; & en voici la raison. La partie vuide s'échauffe beaucoup plus que celle qui est pleine, si l'eau en balançant vient à la toucher ; cette eau fut-elle bouillante, elle refroidira promptement l'endroit du verre qui en sera mouillé ; & alors la surface intérieure, dont les parties se condensent & se rapprochent, n'étant plus étendue d'une maniére porportionnée aux autres couches, qui forment l'épaisseur du verre, il arrivera entr'elles quelque désordre qui se manifestera par une ou plusieurs félures.

Un émailleur peu expérimenté qui chauffe un tube de verre fort épais au feu de sa lampe, est tout étonné de le voir se briser avec éclat, dès qu'il a reçû un certain degré de chaleur ; il doit s'en prendre à l'une des

XIV. Leçon.

deux causes dont je viens de parler; ou il a chauffé brusquement un verre épais qu'il devoit ménager davantage, ou ce verre creux contenoit un air humide qui n'a point permis à la surface intérieure de recevoir une chaleur égale à celle qu'on lui donnoit par dehors. Il suffit d'apprendre à cet Artiste qu'un tuyau de verre qui est humide par dedans, soit pour avoir été mouillé, soit pour avoir seulement servi de canal pendant un certain tems à l'air de l'Atmosphére, ne se séche que très-difficilement; car d'ailleurs il n'ignore pas que la plus petite goutte d'eau fait casser le verre ou l'émail qui est chaud: Sa pince légérement humectée de salive lui sert tous les jours à couper, ou à détacher les piéces qu'il vient de travailler.

C'est peut-être de-là qu'est venue cette maniére de couper le verre avec le feu & l'eau, que des gens oisifs & adroits sçavent si bien ménager, qu'ils viennent à bout de faire d'un verre à boire une espéce de ruban tourné en forme d'hélice, dont les circonvolutions se séparent & se re-

joignent à l'aide du reſſort de la matiére : *voyez la Fig.* 2. Ces découpures ſe font par le moyen d'une méche ſoufrée, qui ne chauffe le verre que dans une ligne, ou dans un eſpace fort étroit, que l'on refroidit auſſi-tôt avec une plume ou un petit bâton mouillé, & même quand la premiére félure paroît, ceux qui ont un peu d'habitude la conduiſent preſque toujours où ils veulent avec un fer chaud, ou avec un petit charbon allumé. Pour moi, quand j'ai de gros tuyaux ou des cols de ballons à couper, je commence par entammer le verre avec l'angle ou le tranchant d'une lime, & enſuite avec un morceau de fer angleux que je fais rougir, & que j'y applique, je réuſſis aſſez bien à faire fendre la piéce, ſuivant la ligne que j'ai tracée.

La vaiſſelle de fayance ou celle de terre verniſſée ſe fend auſſi au grand feu, quand on l'y expoſe précipitamment, non pas tant par elle-même, peut-être, que par la couche d'émail ou de matiére vitrifiée, dont elle eſt couverte & colorée : car ſi cet enduit eſt d'une certaine épaiſſeur, l'action d'un feu trop violent le fait fen-

XIV. LEÇON.

dre, & les parties en se quittant peuvent déterminer celles de la terre cuite, ausquelles elles sont unies, à se séparer de même. Ce qui me feroit penser ainsi, c'est que la fayance qu'on fait pour aller au feu, est émaillée plus légérement que d'autre, & qu'elle n'est bien à l'épreuve d'une grande chaleur, que quand son enduit est entr'ouvert par une infinité de petites félures, qui donnent lieu aux parties ignées de se partager & de pénétrer la terre par un plus grand nombre d'endroits. Je sçais bien aussi que la terre même en est préparée autrement que celle de la fayance commune, qu'elle est plus légére, plus poreuse, & mieux maniée : ce que je remarque à l'égard de l'émail qui la recouvre, je ne prétends le citer que comme une cause seconde ou subalterne de la qualité qu'elle a de résister au feu.

De toutes les matiéres fragiles dont on fait des vaisseaux, il n'en est pas qui soutiennent mieux l'action subite du feu que la porcelaine ; rien ne le prouve mieux que l'usage des tasses dans lesquelles nous voyons tous les jours verser du thé, ou du caffé pres-

que bouillant. Si la porcelaine étoit aussi commune que le verre, il seroit très-commode de pouvoir la lui préférer dans bien des occasions, sur-tout dans les laboratoires de Chimie, où les matiéres que l'on traite sont souvent de nature, à ne pouvoir pas être mises dans du métal, & quelquefois encore moins propres à être chauffées dans de la terre cuite, trop poreuse ou incapable de soutenir un grand degré de feu. Un Artiste intelligent qui sentira ce besoin, pourra se procurer des vaisseaux de porcelaine, sans qu'il lui en coûte presqu'autre chose, que le verre même dont il appréhende de se servir. En profitant d'une découverte que nous devons à M. de Reaumur *, il n'aura qu'à remplir de plâtre passé au tamis le vaisseau qu'il aura dessein de convertir en porcelaine, & le porter au four d'un potier en terre, il l'en retirera tel qu'il le desire, c'est-à-dire, tout semblable à la vraie porcelaine, à demi-transparent comme elle, capable d'être chauffé brusquement & de soutenir un très-grand feu sans se casser. (*a*)

* *Mémoires de l'Académie des Sciences* 1739. page 370.

(*a*) Si quelqu'un veut faire usage de ce

XIV. LEÇON.

A l'égard du changement de capacité qui arrive aux vaiſſeaux que l'on chauffe, ſoit extérieurement, ſoit intérieurement; il faut remarquer que la dilatation de la matiére, qui en eſt la cauſe, pourroit ſe faire de façon qu'elle eût un effet tout contraire à celui de notre expérience. Si la boule que j'ai plongée; par exemple, au lieu d'être réguliérement ronde, avoit des enfoncemens ſemblables à celui qu'on fait communément au cul des bouteilles à vin; ces parties enfoncées, en ſe dilatant, porteroient leur augmentation de volume contre la liqueur contenue dans le vaiſſeau, & ne mauqueroient pas de la faire monter vers l'orifice, à moins que l'aggrandiſſement des autres parties qui ſe fait en ſens contraire, ne rendît cet

que j'indique ici, il convient qu'il conſulte le Mémoire même de M. de Reaumur, pour ſe mettre au fait de certaines pratiques dont le détail ne peut être placé ici. Il y en a deux ſur-tout qu'il ne faut pas négliger; la premiére eſt le choix du verre : le plus commun, celui qui eſt brun ou jaunâtre, réuſſit mieux que le plus blanc : La ſeconde eſt de méler du ſablon avec le plâtre, à peu près à quantités égales pour le raréfier.

effet

effet insensible, ou par excès ou par compensation.

XIV. LEÇON.

On sera pleinement convaincu de la justesse de cette remarque, si l'on remplit d'eau une bouteille mince, qui ait le cul bien renfoncé, & dont on ait prolongé le col avec un petit tuyau recourbé & mastiqué avec de la cire molle ou autrement, *Fig.* 3. Car si l'on verse de l'eau presque bouillante en *C*, on verra la liqueur monter dans le tube avec autant de promptitude qu'on l'a vû descendre, lorsque j'ai plongé dans l'eau chaude, la boule de l'instrument représenté par la *Fig.* 1. & si l'on s'imaginoit que cet effet vient de ce que l'eau de la bouteille s'est raréfiée par le degré de chaleur qu'elle a pû recevoir, il suffira de renverser l'eau qui est en *C*, pour voir que ce soupçon porte à faux ; car dans l'instant même, on verra la liqueur descendre dans le tube, à peu près à l'endroit d'où elle étoit partie pour s'élever : un effet aussi prompt ne peut légitimement s'attribuer au refroidissement de l'eau qui est dans la bouteille.

XIV. LEÇON.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La *Fig.* 4. repréſente un inſtrument qui ſe nomme *pyrométre*, parce qu'on s'en ſert pour meſurer en quelque façon l'action du feu. Il eſt compoſé premiérement d'une lampe à l'eſprit-de-vin *D d*, garnie de pluſieurs petites méches de coton, ſemblables entr'elles pour la groſſeur & pour la longueur. Secondement, de pluſieurs leviers renfermés dans une boîte cylindrique de verre *E F*, & qui ſe correſpondent, de maniére que recevant le mouvement de la piéce *G*, ils le tranſmettent par le moyen d'une portion de roue dentée ou *rateau*, & par un pignon, à une aiguille *H h*; qui parcourt horizontalement un cercle diviſé en deux cens parties égales. Les bras de ces mêmes leviers & le rayon de rateau avec le pignon qu'il mene, ſont tellement proportionnés, que la piéce *G*, avançant d'un quart de ligne fait faire à l'aiguille un tour entier; & comme la circonférence du cercle qu'elle parcourt a deux cens

degrés, dont chacun est assez grand pour être divisé en deux par le coup d'œil d'un Observateur un peu attentif; il est évident que la piéce *G*, ne peut s'avancer de la seize centiéme partie d'une ligne qu'on ne s'en apperçoive par le mouvement de l'aiguille.

Un tiroir pratiqué dans le pied de cet instrument contient des cylindres de différens métaux, tous égaux en longueur, & dont on a rendu la grosseur égale en les faisant passer par la même filiere (*a*): chacun est terminé d'un côté par une vis qui s'ajuste à la piéce *G*, tandis que l'autre bout est arrêté & soutenu par le pilier *I*, comme on le peut voir par la *Fig.* 4.

On place ainsi successivement le cylindre de fer, & celui de cuivre jaune; on allume toutes les méches à la fois (*b*), & l'on compte par le moyen d'une montre, ou d'une pendule à se-

(*a*) Les cylindres dont je me sers ont tous exactement la même longueur, qui est d'environ six pouces, & le même diamétre qui est de trois lignes.

(*b*) Avec un petit morceau de papier allumé qu'on passe très-rapidement, toutes les

XIV. LEÇON.

condes, combien l'aiguille parcourt de degrés dans un tems donné.

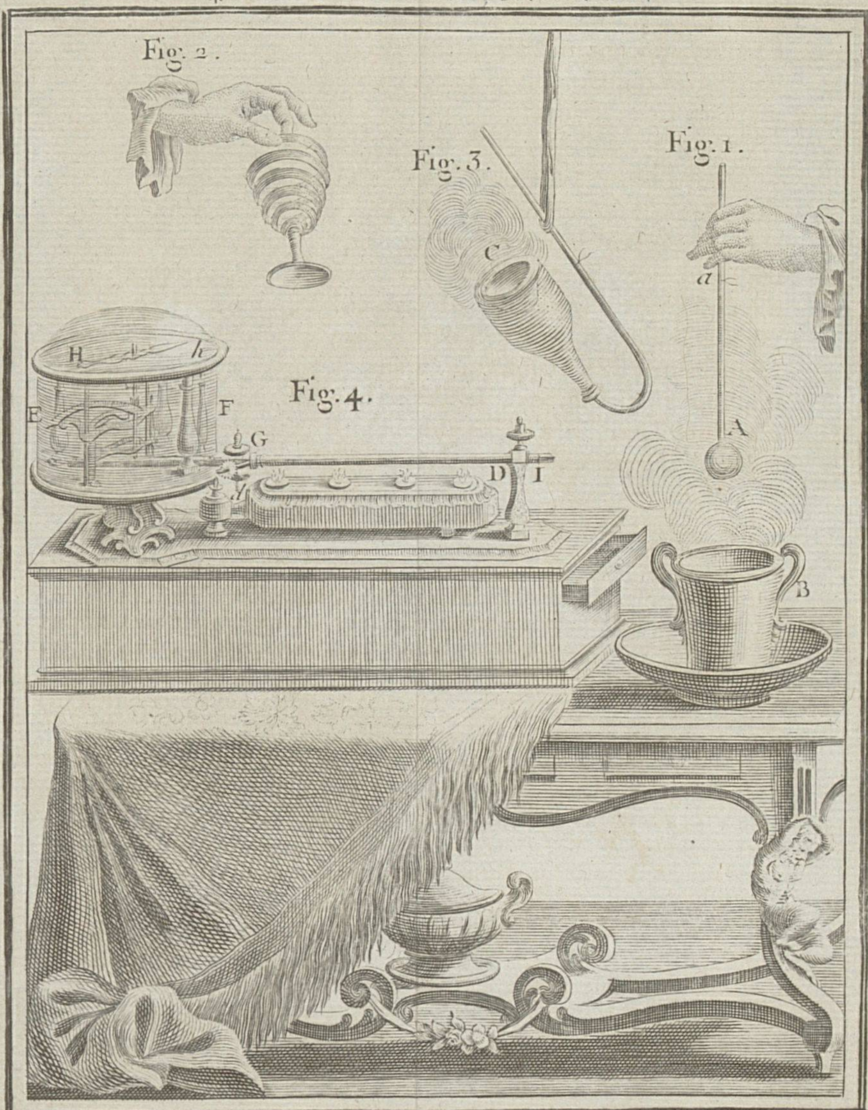
Effets.

Dans l'inſtant même que la flamme des méches commence à agir ſur le métal, on voit l'aiguille ſe mettre en mouvement, & parcourir les degrés avec une telle vîteſſe, que dans l'eſpace d'une demi-minute on en compte environ 588, ſi l'on fait l'expérience avec le cylindre de fer, & 960, ſi c'eſt avec celui de cuivre jaune: ce qui eſt à peu près dans le rapport de 3 à 5. (*a*)

Si l'on éteint les méches de la lam-

méches déja humectées d'eſprit-de-vin s'allument en moins d'une ſeconde.

(*a*) Je m'exprime ici en nombre rond, & je ne prétends point fixer avec préciſion les dilatations reſpectives des métaux; cela dépend d'une ſuite très-nombreuſe d'expériences délicates, qui ne peuvent entrer dans un Ouvrage élémentaire, tel que celui-ci. Le Lecteur curieux de s'inſtruire ſur ce ſujet d'une maniére plus étendue & plus approfondie, pourra conſulter les Commentaires de M. Muſchenbroek ſur les Expériences de l'Académie, *del-Cimento Tome 2, pag. 12. & ſeq.* il y trouvera un long & curieux détail d'épreuves faites avec le *pyrométre*, dont ce Sçavant eſt le premier Auteur.


Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 1.
C
a
H
h
E
F
Fig. 4.
G
A
D
I
d
B

pe, aussi-tôt on voit rétrograder l'aiguille, & parcourir en sens contraire tout le chemin qu'elle avoit fait précédemment : cette rétrogradation se fait d'abord avec assez de vîtesse, mais ensuite elle se ralentit & devient si peu sensible sur la fin, qu'elle ne s'achéve qu'au bout d'un tems assez considérable, & plus ou moins long, suivant la température du lieu où se fait l'expérience.

EXPLICATIONS.

Les métaux, même les plus compacts & les plus durs, sont poreux ; leur porosité est telle que certaines liqueurs les pénétrent & les dissolvent. Le feu qui coule des méches allumées est un fluide plus subtile & plus pénétrant que toutes les liqueurs que l'on connoisse : il s'insinue donc dans les cylindres de fer & de cuivre de notre expérience, & met en action les parties du feu qui sont logées naturellement entre les parties propres du métal ; & par ces deux causes, je veux dire, par l'introduction d'un feu étranger, & par l'expansion de celui qui appartient au métal, les cylindres

XIV. LEÇON.

dont il est question doivent se dilater & s'étendre dans toutes leurs dimensions.

Mais comme il y a plus de parties dilatées sur la longueur que sur le diamétre, l'allongement doit se faire mieux sentir que l'augmeutation de grosseur : c'est pourquoi l'on attache d'une maniere fixe le cylindre par une de ses extrêmités en *D*, afin que toute la quantité dont il s'allonge se porte contre la piéce *G*, à laquelle il est joint par l'autre bout; ainsi les deux mouvemens en avant & en arriére de la piéce G, sont des effets nécessaires, & des preuves incontestables de l'allongement du cylindre chauffé, & du raccourcissement qu'il souffre en se refroidissant.

Si tous les métaux ne se dilatent pas également au même degré de feu, & dans le même espace de tems ; il en faut chercher la cause dans leurs différentes densités, dans la liaison & la tenacité plus ou moins grande de leurs parties, dans la dose plus ou moins forte des parties inflammables que la Nature a mêlées avec leurs autres principes, dans la différente distribution

de leurs pores, &c. toutes recherches extrêmement délicates & compliquées, que l'on n'a pas encore beaucoup approfondies. XIV. LEÇON.

Dès que les méches de la lampe ſont éteintes, le feu qui eſt entré dans le métal s'évapore au-dehors, & l'action de celui qui reſte n'étant plus entretenue, ſe ralentit peu-à-peu ; ce qui donne lieu aux parties du métal de ſe rapprocher, & au cylindre qui ſe refroidit, de reprendre ſa premiére grandeur.

Cela ſe fait d'abord aſſez promptement, parce que le métal encore dilaté, laiſſe échapper plus librement les parties ſurabondantes de feu dont il eſt pénétré, & que l'air environnant, conſidérablement moins chaud que lui, les reçoit & les abſorbe, pour ainſi dire, avec avidité; & enſuite, parce que ces raiſons ne ſubſiſtent plus, les derniers degrés de refroidiſſement & de condenſation, ne s'achévent qu'avec beaucoup de lenteur.

APPLICATIONS.

CE que nous voyons ſe faire ici par

XIV. LEÇON.

le feu d'une lampe appliqué à des petits cylindres de fer & de cuivre, arrive de même, proportion gardée, à tous les métaux qui s'échauffent, de quelque maniére que ce soit. La lame d'une scie qui n'a point assez de *voie*, (a) s'épaissit dans les corps durs par la chaleur que lui donne le frottement, & fatigue beaucoup la personne qui s'en sert. Il en est de même des forets, des villebrequins & autres outils, qui s'échauffent en travaillant, & qui se trouvent engagés dans des matiéres qui ont peine à céder à l'augmentation de leur volume, ou qui se gonflent aussi par la même cause.

Tout métal exposé à l'ardeur du Soleil, doit donc s'étendre, & nous avons une preuve bien sensible de cet effet à la machine de Marly, où le mouvement des pompes qui sont établies sur la montagne, vient de la riviére, & se communique par des barres de fer assemblées à fourchettes, &

(a) On donne de la *voie* à une scie, en écartant un peu les dents de part & d'autre, du plan de la lame; ou bien on prépare cette lame de façon qu'elle soit plus épaisse du côté de la denture, que dans le reste de sa largeur.

soutenues

ſoutenues d'eſpace en eſpace par des leviers qui ſont mobiles ſur une de leurs extrémités ; toutes ces barres, depuis le plus grand froid de l'Hiver, juſqu'au plus grand chaud de l'Eté, varient tellement de longueur, qu'on a été obligé de faire pluſieurs trous à l'endroit de leur jonction, pour être en état d'allonger, ou d'accourcir la chaîne qu'elles forment par leur aſſemblage, en faiſant entrer plus ou moins le bout d'une barre dans la fourchette de l'autre, où elle s'arrête avec une cheville. Quand une barre de fer de ſix pieds ne s'allongeroit que de deux tiers de ligne du grand froid au grand chaud ; ſur cent toiſes, ce ſeroit cinq pouces d'allongement, * & en voilà aſſez pour faire ſentir combien le jeu des piſtons ſeroit dérangé, ſi cette longue chaîne qui leur communique le mouvement, ſouffroit, ſans correction, les changemens que les différentes températures y peuvent cauſer.

* *Hiſt. de l'Académie des Sciences* 1689. *pag.* 61.

LES horloges de clocher, & généralement toutes les machines, qui ne ſont point, ou qui ne ſont qu'imparfaitement à couvert de la grande ardeur

XIV. LEÇON.

du Soleil, doivent néceſſairement s'en reſſentir, par rapport à la liberté de leurs mouvemens; les tiges s'allongent, & font porter les épaulemens; les pivots groſſiſſent & ſont plus ſerrés dans leurs trous, les diamétres des roues croiſſent & les dents prennent plus d'engrenage. Il eſt vrai que le bâti ou la cage qui renferme & qui ſoutient toutes ces piéces, s'aggrandit auſſi dans toutes ſes dimenſions; mais s'il peut en naître quelques compenſations qui conſervent les rapports entre certaines parties, il eſt poſſible auſſi que ces effets aillent à contre-ſens pour d'autres qui en ſont conſidérablement dérangées. Qui ſçait même ſi la chaleur du gouſſet n'eſt pas capable de changer quelque choſe à la marche d'une bonne montre, par le ſeul changement qu'elle eſt capable de cauſer aux dimenſions des piéces dont la juſteſſe eſt ſi préciſe.

Ce que je dis par forme de ſoupçon à l'égard d'une montre, je le puis aſſurer très-poſitivement pour les pendules ou horloges, dont la marche eſt réglée par les oſcillations d'un corps grave, ſuſpendu par une verge de mé-

tal. En parlant de cetre eſpéce de mouvement, & de l'application qui en a été faite par M. Huyghens, * j'ai remarqué, qu'aprés avoir trouvé le moyen de rendre la durée des oſcillations uniforme & conſtante par la nature de la courbe qu'elles décrivent, on avoit encore à craindre que cet iſochroniſme ne fût troublé par les changemens que le chaud & le froid pourroient cauſer à la longueur de la verge du pendule. En effet cette verge étant de métal, & par conſéquent ſuſceptible de condenſation & de dilatation, comme l'expérience précédente le fait voir, on peut s'attendre que dans les tems ou dans les lieux chauds elle s'allongera, & qu'au contraire elle diminüera de longueur, lorſqu'elle viendra à ſe refroidir. (*a*)

* Tom. II. pag. 207. & ſeq.

On a penſé qu'on pourroit remédier à cet inconvénient, en oppoſant à elle-même la cauſe phyſique d'où il procéde; c'eſt-à-dire, en faiſant en ſorte que la même chaleur qui fait allonger la verge du pendule, fît auſſi

(*a*) Il faut voir à l'endroit cité ci-deſſus, comment la longueur du pendule influe ſu la durée de ſes oſcillations.

XIV. LEÇON.

remonter d'autant le centre du corps grave, ou descendre sur la même verge le point fixe autour duquel se font les oscillations.

M. Graham (*b*) me paroît être le premier à qui cette idée se soit offerte, & qui ait commencé à la mettre en exécution. Au lieu d'attacher au bout de la verge une boule ou une lentille solide comme on a coutume de faire, il y mit pour corps grave une boîte ou vase cylindrique qu'il remplit presqu'entiérement de mercure : & voici quel étoit son raisonnement.* « Si d'une saison à l'autre, dit-il, la température varie assez pour faire changer sensiblement la longueur de la verge du pendule, la même cause ne peut manquer d'augmenter ou de diminuer la hauteur du cylindre de mercure, en le dilatant ou en le condensant, elle fera donc monter ou descentre le centre d'oscillation qui est nécessairement dans cette masse fluide. » En supposant, par exemple, que la verge allongée par la chaleur, fasse reculer le point *B* du point *A*,

* *Transactions Philosophiques.* 1726. No. 392. art. 4.

(*b*) Fameux Horloger de Londres, & Membre de la Société Royale.

fig. 5, d'un quart de ligne, si le mercure échauffé au même degré, se dilate de maniére que le point *B*, centre de gravité, ou plutôt d'oscillation, remonte précisément d'un quart de ligne, ces deux effets entretiendront toujours la même distance entre *A*, centre du mouvement, & *B*, centre d'oscillation, ce qui suffit pour conserver l'isochronisme du mouvement. Il ne s'agit donc plus que de mettre en proportion convenable ces deux effets qui vont en sens contraire, & cela dépend de la hauteur qu'on donnera au cylindre de mercure; car plus il sera long, plus son centre de gravité, ou tout autre point pris dans sa masse, fera de chemin, soit en montant, s'il y a raréfaction, soit en descendant, s'il y a condensation.

Depuis cette invention proposée par M. Graham, d'autres personnes ont imaginé & mis en pratique des moyens encore plus commodes pour arriver aux mêmes fins que cet habile & sçavant Artiste avoit en vûe, je veux dire, pour faire en sorte que ce qui fait changer la longueur de la verge du pendule, fît en même tems &

XIV. LEÇON.

proportionnellement varier en ſens contraire la hauteur du corps grave, dans lequel ſe trouve le centre d'oſcillation. En 1738, M. Julien le Roy, à Paris, & M. Ellicot, à Londres, profitant du réſultat de notre expérience, par laquelle on ſçavoit déja que le fer & le cuivre jaune échauffés au même degré, ſe dilatent dans des proportions qui ſont entr'elles, à peu près comme 11 à 17, employérent fort ingénieuſement, quoique par différens procédés, l'excès de l'allongemens du laiton, pour remédier à celui du fer, dont on fait communément (*a*) la verge du pendule.

Le premier termine la verge de ſon pendule qui eſt de fer, par un petit chaſſis *AB*, *fig.* 6, compoſé par en haut & par en bas, de deux traverſes de cuivre inflexibles, & pour les montans, de deux lames de reſſort, très-minces; ces deux lames entrent, & n'ont que le jeu qu'il leur faut, pour monter & deſcendre, en gliſſant dans une piéce fendue *CD*, qui eſt bien ſo-

(*a*) Si on ne le fait pas, on doit le faire, plutôt que d'employer de l'acier, qui ſe dilate davantage.

lide, & fixée au corps de l'horloge. Le tout eſt ſuſpendu par une verge de fer *e f*, attachée à la partie ſupérieure d'un tuyau de laiton, qui eſt repréſenté ouvert en partie, & qui repoſe ſur la piéce *CD*.

Lorſque la chaleur dilate les deux verges de fer *f e*, *b g*, qu'on doit conſidérer comme n'en faiſant qu'une, parce qu'elles ſont jointes par le chaſſis *A B*, elle tend à faire deſcendre la lentille, & à l'éloigner de la piéce *C D*, où eſt le centre du mouvement, ce qui rendroit le pendule plus long qu'il n'eſt; mais cette même chaleur agit ſur le tuyau de cuivre, au bout duquel eſt le point de ſuſpenſion; & comme ſon allongement ſe fait de bas en haut, il tend à faire remonter la lentille; ſi la longueur de ce tuyau eſt à celle qui eſt compriſe entre *f g*, comme la dilatation du fer eſt à celle du cuivre, c'eſt-à-dire, dans le rapport de 11 à 17, ſon allongement de bas en haut, doit égaler celui des deux verges de fer qui ſe fait de haut en bas, & par cette compenſation la diſtance eſt toujours la même entre le centre d'oſcillation g & celui du mouvement *D*.

XIV. LEÇON.

M. Ellicot fait la verge de ſon pendule d'une piéce de fer plate & ouverte en forme de fourchette depuis la moitié ou les deux tiers de ſa longueur juſqu'en bas, *fig.* 7. Il remplit le vuide que forme cette fourchette, par une lame de laiton *i k*, qui, lorſqu'elle vient à s'allonger par la chaleur, doit excéder de $\frac{2}{5}$ ou à peu près l'allongement que la même chaleur fait prendre aux deux parties de la fourchette entre leſquelles elle eſt placée. Il emploie cet excès pour faire mouvoir deux petits leviers *l m*, *l n*, qui ont leur centre de mouvement en *o* & en *p*, & par ce moyen les deux bras *m*, *n*, ſoulévent deux chevilles ou deux vis *q*, *r*, par leſquelles ils portent le corps grave, qui eſt ici une boule repréſentée par ſa coupe diamétrale ; ainſi le centre d'oſcillation tend à remonter par la même cauſe qui feroit allonger la verge ; & comme les vis *q*, *r*, peuvent avancer plus ou moins ſur les bras des leviers *m*, *n*, on peut proportionner à ſon gré ces deux effets entr'eux.

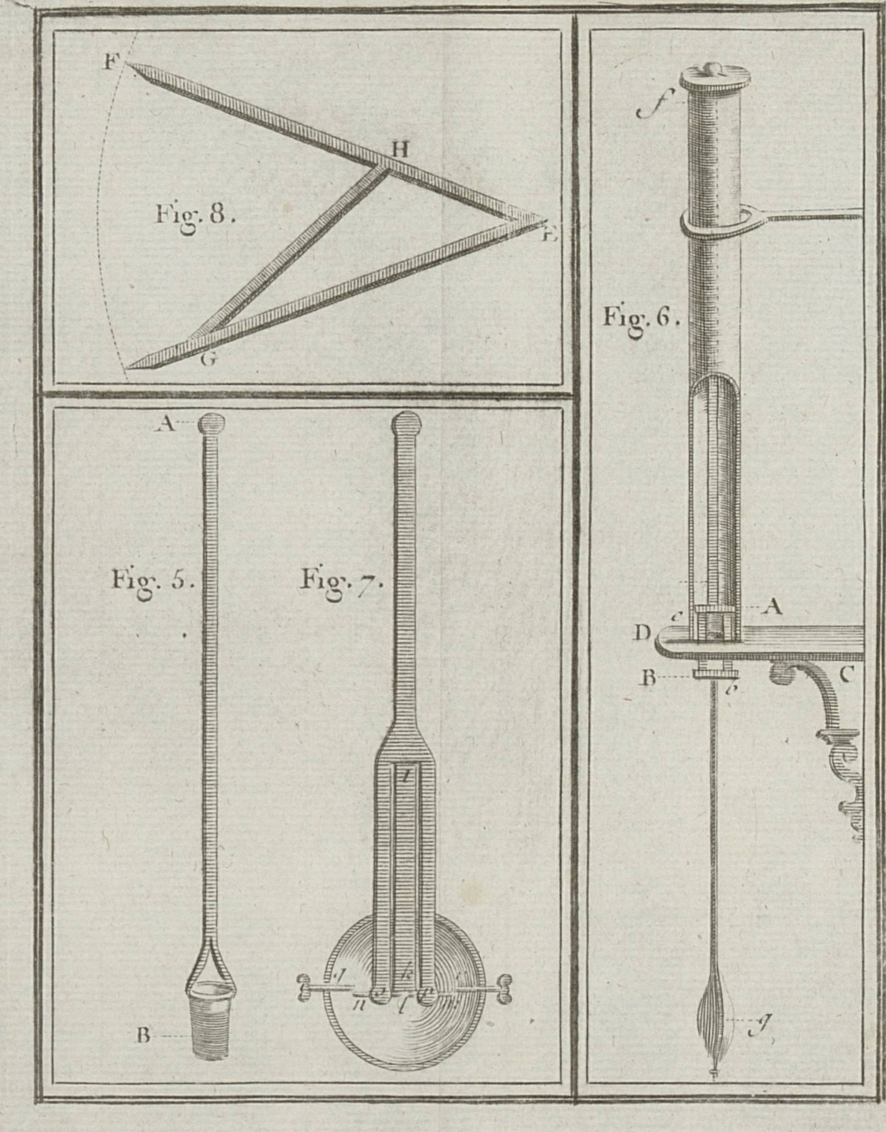
Si j'écrivois un traité d'Horlogerie, je ne manquerois pas de faire connoître dans un plus grand détail, ce que

plusieurs Artistes, & même ce que des Sçavans ont encore imaginé pour remédier à l'allongement du fer par celui du cuivre, dans la vûe de rendre constante la longueur du pendule; j'examinerois même le fort & le foible de ces inventions, & je prendrois la liberté d'en dire mon sentiment; mais on ne doit trouver ici que ce qui a un rapport direct & prochain avec l'expérience que j'ai employée, pour prouver que le chaud & le froid font varier sensiblement le volume d'une piéce de métal: & afin qu'on ne croye pas que ces derniers exemples, que je viens de citer, sont des inventions plus curieuses qu'utiles, je remarquerai d'après nos meilleurs Astronomes, qu'avec le nouveau pendule (c'est-à-dire, celui dont la longueur est constante) il est assez commun qu'une horloge d'observation, ne varie que de deux secondes du plus grand froid au plus grand chaud; au lieu qu'il est rare de trouver moins de 20 secondes de différence, avec un pareil instrument, réglé par un pendule ordinaire.

SI la mesure du tems perd de son exactitude par l'allongement ou le rac-

XIV. Leçon.

courciſſement du pendule, celle de l'étendue pourroit bien auſſi ſe reſſentir des variations cauſées par le froid & par le chaud, au pied, à la toiſe, à l'aune, & autres inſtrumens dont on ſe ſert pour la connoître. Heureuſement que les erreurs qui peuvent naître de cette cauſe, ne tirent guère à conſéquence, pour ce qui concerne le commerce ordinaire; mais il eſt bon d'en être averti pour certaines occaſions où l'on a beſoin d'une grande exactitude. Si quelqu'un, par exemple, vouloit comparer la toiſe ou l'aune d'un pays à celle d'un autre, le choix du métal, & la température du lieu où ſe feroit cette comparaiſon, feroient des circonſtances qu'on ne devroit pas négliger. Une régle de cuivre avec laquelle on meſureroit ſeulement une demi-lieue de terrein en longueur, pourroit tellement varier par le chaud & par le froid, que quand ce terrein ſeroit auſſi uni qu'un canal glacé, l'Arpenteur le plus exact y trouveroit une différence de 5 à 6 pieds de l'Hiver à l'Eté, ce qui ne ſeroit pas auſſi conſidérable, ſi au lieu d'une régle de cuivre, il en employoit une de fer ou de bois.


F
H
Fig. 8.
E
G
A
Fig. 5.
Fig. 7.
B
Fig. 6.
f
A
D
B
C
g

XIV. LEÇON.

Tous les métaux n'étant pas capables de se dilater ni de se condenser également, par les mêmes degrés de chaud & de froid, on ne doit les employer qu'avec beaucoup de circonspection en construisant les machines, ou les instrumens dans lesquels il est important que les dimensions ne changent point de rapport ; si l'on vouloit, par exemple, qu'un angle formé par deux verges de fer *EF*, *EG*, *fig.* 8. demeurât constamment le même dans toutes sortes de températures, il faudroit bien se garder de les joindre par une troisiéme piéce *GH*, qui fût de cuivre ; car comme ce dernier métal s'allonge par la chaleur beaucoup plus que l'autre, lorsqu'il viendroit à s'échauffer, il ne manqueroit pas de faire changer notablement l'ouverture de l'angle dont il s'agit. Il est aisé de faire l'application de ceci aux instrumens de mathématiques & d'astronomie, dont toute la justesse dépend du rapport invariable des dimensions, & dans la plûpart desquels cependant on emploie ensemble le fer & le cuivre, pour les faire passer ensuite de l'attelier où ils ont été construits, dans des

lieux découverts, où ils éprouvent la gelée & l'ardeur du Soleil. Si l'on n'a point égard à ce qui en peut arriver, on court risque de voir les angles changer de grandeur, les surfaces planes & les lignes droites devenir courbes, &c.

UNE corde de clavecin qui s'allonge par la chaleur, devient nécessairement moins tendue qu'elle n'étoit, si les points fixes ausquels elle tient, ne s'éloignent pas l'un de l'autre, par proportion à cet allongement. Nous avons vû dans la onziéme Leçon, * qu'une corde sonore, toutes choses égales d'ailleurs, est d'un ton plus ou moins aigu, selon le degré de tension qu'elle a; ainsi comme celles d'un clavecin, partie de fer, partie de cuivre, s'allongent différemment entr'elles dans le même degré de chaleur, & toutes davantage que le bois dont le corps de l'instrument est construit, & sur lequel sont attachées les chevilles, & chevalets, on voit par quelles raisons les accords se dérangent, quand la température du lieu varie d'une certaine quantité. Qui sçait même si une oreille fine & bien expérimentée ne sen-

* Tom. 3. p. 462. & seq.

tiroit point quelque changement dans le ton d'une cloche, ou de tout autre corps sonore, que l'on essaieroit froid & chaud, & dont on feroit la comparaison avec un autre, à l'unisson d'uquel on l'auroit mis précédemment.

XIV. LEÇON.

J'AI dit ci-dessus que le bois chauffé & refroidi n'est pas aussi susceptible de changement sur la longueur de ses fibres, que le métal; c'est un fait constant par l'expérience, & sur la foi duquel plusieurs Horlogers ont fait de bois la verge du pendule, au lieu d'avoir recours aux moyens dont j'ai fait mention. Si le succès n'a pas été assez complet pour rendre ses variations nulles, elles ont été moindres que celles du pendule ordinaire, ce qui suffit pour justifier ma remarque.

Mais quoique le bois, & quantité d'autres matiéres se raccourcissent & s'allongent moins que le métal, par le froid & par le chaud, il paroît en général, & par un grand nombre d'épreuves faites en différens tems & par diverses personnes, que tous les corps solides, le marbre, la pierre, la terre cuite, le verre, le métal, le bois & l'écorce des végétaux, les os, le cuir,

XIV. LEÇON.

& la corne des animaux, &c. ſe dilatent par l'action du feu, & ſe condenſent en ſe refroidiſſant : & comme tous les ouvrages de l'art ne ſont que des aſſemblages & des modifications de ces différentes matiéres, qui ſont tantôt plus, tantôt moins expoſées à la chaleur, ſuivant les ſaiſons de l'année, les heures du jour, ou les uſages que nous en faiſons, on peut dire que rien ne demeure conſtamment dans le même état, & que tout ce que nous voyons, bijoux, inſtrumens, meubles, édifices, devient alternativement plus grand, & plus petit.

On objectera peut-être contre cette propriété que j'attribue au feu de dilater généralement tous les corps & d'en étendre le volume, l'exemple des pierres que l'on calcine, des bois que l'on fait ſécher au four, ou aux rayons du Soleil, & de pluſieurs autres matiéres dont l'action du feu diminue ſenſiblement la grandeur.

Mais j'ai déja prévenu cette difficulté, en faiſant remarquer* que dans tous les cas dont il s'agit, il y a une évaporation, une diſſipation de ſubſtance, qui donne lieu aux parties de ce qui

* 13. Leçon p. 741.

reste, de se rapprocher sous un moindre volume, quoique ces mêmes parties soient véritablement tuméfiées ; c'est ce dont on peut aisément se convaincre, en pesant devant & après, tous les corps dont on voudroit nous citer l'exemple. Un morceau de chaux vive pése moins que la pierre dont elle est faite ; il en est de même des ouvrages de bois qui ont passé au four ou à l'étuve, des viandes ou des fruits que l'on a fait cuire, des pâtes & des compositions qu'on a fait épaissir par un certain degré de chaleur.

III. EXPERIENCE.

Preparation.

L'instrument représenté par *AB*, *fig.* 9. est composé d'un verre de thermométre, dont la boule a près d'un pouce, & le tube une demi-ligne de diamétre, dans toute sa longueur, qui est d'un pied ; une portion d'environ 9 pouces de ce tube tient à une petite planche fort légére, sur laquelle est tracée une échelle, dont chaque degré exprime la milliéme partie de toute la liqueur contenue au-dessous de la

XIV. LEÇON.

planche, lorſque cette liqueur a reçu le degré de froid de la glace.

On emplit la boule & un peu plus que le quart du tuyau, de pluſieurs liqueurs ſucceſſivement ; premiérement de mercure, d'eſprit-de-vin enſuite, d'eau pure, & enfin d'huile de lin. On plonge la boule dans un vaſe *G* plein de glace pilée bien menue, & on l'y laiſſe juſqu'à ce que la liqueur ait reçu tout le froid qu'elle y peut prendre, ce qu'on reconnoît aiſément, parce qu'alors elle ceſſe de deſcendre dans le tube. Enſuite avec un chalumeau capillaire *D*, que l'on fait entrer dans le tube, on ôte, en ſuçant avec la bouche, ce qu'il y a de liqueur au-deſſus de la ligne *ef*, ou bien on en met juſqu'à cette marque, s'il n'y en a point aſſez.

La liqueur étant bien fixée à cet endroit, on ôte l'inſtrument de la glace, & l'on tient la boule plongée dans un autre vaſe *C* rempli d'eau bouillante, juſqu'à ce que la liqueur ceſſe de monter : on obſerve à quelle hauteur elle s'arrête, & combien de tems elle a mis, pour recevoir ce degré de chaleur (*a*).

(*a*) Quoique j'aie réſolu de renvoyer à

EFFETS.

XIV. LEÇON.

Effets.

Le mercure tranſporté de la glace dans l'eau bouillante, s'éléve dans le

un autre Ouvrage qui ſuivra de près celui-ci, tout ce qui concerne la conſtruction des inſtrumens, & la préparation des matiéres qui ſervent aux expériences que j'emploie dans mes Leçons; je ne puis m'empêcher d'indiquer ici un moyen dont on pourra s'aider pour avoir un verre de thermométre, meſuré & gradué de la maniére que le requier notre expérience, avec quelqu'autres inſtructions, ſans leſquelles on auroit peine à la répéter.

Choiſiſſez un tube de verre d'une longueur & d'un diamétre convenable, & pour voir ſi ſa capacité eſt bien égale par-tout; faites-y entrer un peu de mercure, qui en occupe environ un pouce que vous meſurerez avec une carte ou autrement: faites avancer ce petit cylindre de mercure d'un bout à l'autre du tuyau; s'il eſt par-tout de la même longueur, vous ſerez sûr que ce tuyau eſt du même diamétre intérieurement dans toute ſon étendue, & vous y ferez ſouffler une boule par un Emailleur; le même ouvrier vous fera des chalumeaux capillaires & renflés par le milieu, en amoliſſant au feu de ſa lampe un petit morceau de tube de verre, qu'il allongera de part & d'autre en tuyaux capillaires.

Pour avoir une échelle qui exprime les milliemes parties de la liqueur contenue dans la boule & dans le quart du tube, il faut d'abord peſer le verre, & tenir compte de ſon poids, enſuite le remplir entiérement de mer-

XIV. LEÇON.

tube jusqu'au quatorziéme degré, ce qui signifie que son volume est aug-

cure avec le chalumeau, & le faire bien chauffer, même jusqu'à bouillir, afin que toutes les petites particules d'air se dégagent & sortent du vaisseau; cela se fera plus aisément, si l'on ne remplit d'abord que la boule.

Tout le verre étant bien plein & refroidi au degré de l'air de la chambre, on le pésera exactement pour avoir le poids du mercure, en soustrayant celui du verre, dont on a précédemment reconnu la valeur.

Cela étant fait, on ôtera du tuyau une quantité de Mercure qui soit la onziéme partie de la totalité; & si la capacité de ce tuyau est en proportion convenable avec celle de la boule, les trois quarts, ou à peu près de sa longueur, fournissent cette onzieme partie, qu'il faut ôter & reconnoître exactement par la balance.

Si ce qui est contenu dans les $\frac{3}{4}$ du tube ou environ, ne suffit pas pour faire la quantité qu'on demande; c'est une marque que la boule est trop grosse, & il faudroit en faire souffler une plus petite au bout du même tuyau; ou, pour s'en épargner la peine, il est plus convenable de calibrer d'abord plusieurs tuyaux, & d'y faire souffler des boules un peu moins grosses les unes que les autres.

Si l'on a donc ôté du tuyau la onziéme partie de tout ce qui étoit contenu dans le verre, on n'aura plus qu'à y joindre une échelle de cent parties égales, qui mesure toute la portion du tube qui est restée vuide, & alors chaque degré de l'échelle répondra à une partie

menté de $\frac{14}{1000}$, & cette dilatation s'achéve en 15 secondes, ou dans un quart de minute. XIV. Leçon.

L'eau commune à pareille épreuve

du tube, capable de recevoir la 1000e. partie de ce qui reste au-dessous : & ce sera la même chose pour toutes les liqueurs qu'on voudra mettre dans ce même vaisseau.

Mais comme les degrés de l'échelle sont des milliémes de capacité, ou de volume, & qu'une liqueur tient moins de place quand elle est refroidie que quand elle est chaude, il faut avoir soin que la boule & la partie du tuyau comprise entr'elle & l'échelle, soient bien pleines, avant qu'on retire l'instrument de la glace, pour le plonger dans l'eau bouillante.

Quand on plonge la boule de cet instrument dans l'eau bouillante, il est bon de l'essayer par deux ou trois immersions subites, avant que de l'y laisser à demeure, de peur qu'une action trop brusque du feu ne fasse casser le verre.

Pour bien juger du tems qu'une liqueur met à monter à son plus haut degré, il est à propos d'avoir reconnu ce degré par une premiére épreuve, sans cela il se passera plusieurs secondes, avant qu'on puisse juger si l'effet est complet.

Enfin, si l'on se sert du même vaisseau pour différentes liqueurs, il ne faut pas commencer par celles qui sont grasses, & l'on doit avoir attention qu'il ne reste point de bule d'air, dont la raréfaction ne manqueroit pas de jetter beaucoup d'erreur dans les résultats.

XIV. LEÇON.

ſe dilate de $\frac{37}{1000}$ ou un peu plus, en une minute & quelques ſecondes.

L'eſprit-de-vin s'éléve de 87 degrés, en une minute & 22 ſecondes.

L'huile de lin emploie au moins 3 minutes pour arriver au ſoixante-douziéme degré qui eſt le plus haut qu'elle puiſſe prendre, par la chaleur de l'eau bouillante.

Ainſi de ces quatre liqueurs éprouvées par la chaleur de l'eau bouillante, l'eſprit-de-vin eſt la plus dilatable, ſi par *dilatabilité* on entend l'extenſibilité de volume; & le mercure l'eſt encore davantage, eu égard à ſa ſenſibilité, c'eſt-à-dire, à la promptitude avec laquelle il reçoit le degré de chaleur, qu'on lui communique.

EXPLICATION.

PAR toutes ces épreuves on voit que les liquides comme les ſolides, s'échauffent, ſe dilatent, augmentent de volume; & que ſuivant leurs différentes natures, la dilatation eſt plus ou moins grande, plus ou moins prompte. La cauſe générale de cet effet eſt toujours l'action du feu qui pénétre la maſſe liquide, qui déſunit, & qui ſou-

léve les parties : mais la mesure de la dilatation, soit pour l'étendue qu'elle peut avoir, soit pour le tems dans lequel elle s'accomplit, dépend sans doute de plusieurs causes particuliéres, qu'il seroit difficile de bien démêler.

Toutes choses égales d'ailleurs, il semble qu'une liqueur doit être d'autant plus susceptible des impressions du feu qui la pénétre, que ses parties sont plus mobiles entr'elles, & qu'il est plus facile de les désunir : c'est peut-être par cette raison que le mercure ne met que 15 secondes à recevoir toute la chaleur que l'eau bouillante est capable de lui communiquer. Mais si ce corps liquide renfermoit peu de feu dans ses parties, ou si ce feu renfermé ne devoit être développé que par une action beaucoup plus violente que celle qui lui vient de l'eau qui bout, on ne devroit s'attendre qu'à une dilatation imparfaite, à un simple soulévement de parties, causé par l'introduction d'une certaine quantité de feu étranger ; effet beaucoup inférieur à celui qu'on verroit, si ce feu qui vient du dehors, avoit assez de for-

XIV. LEÇON. ce pour donner à celui qui eſt renfermé dans chacune des parties de la maſſe, toute l'action qu'il pourroit acquérir. Si l'on admet, à l'égard du mercure, cette ſuppoſition qui eſt aſſez vraiſemblable, on n'aura pas de peine à voir pourquoi ſon volume n'augmente que de $\frac{14}{1000}$, tandis que celui de l'eſprit-de-vin, qui contient ſans doute plus de feu, & un feu moins enveloppé, reçoit une augmentation de $\frac{87}{1000}$.

L'huile de lin, matiére inflammable, ſe dilate par la chaleur de l'eau bouillante bien plus que le mercure & l'eau; mais l'expanſion du feu qu'elle contient, & qui contribue beaucoup à ſa dilatabilité, n'eſt pas auſſi libre que celle de l'eſprit-de-vin; elle eſt retardée par l'adhérence réciproque des parties, par cette viſcoſité qu'on apperçoit ſenſiblement dans toutes les liqueurs graſſes. Ainſi, parce que l'huile contient plus de feu que l'eau commune, un certain degré de chaleur la dilate plus qu'elle; mais il ne la dilate pas autant que l'eſprit-de-vin, parce que le feu de celui-ci ſe met plus aiſément en action.

APPLICATIONS.

UN vaiſſeau de verre ou de quelque autre matiére fragile, ſe caſſe bientôt s'il eſt entiérement rempli de liqueur, exactement bouché, & tranſporté enſuite dans un lieu chaud; c'eſt ce qu'on voit arriver aſſez communément aux flacons de poche, quand ils ſont trop pleins, & j'ai perdu pluſieurs fois des globes de verre, que j'avois rempli d'eau pendant l'hiver, & que j'oubliois de vuider avant que les chaleurs du printems ou de l'été fuſſent venues; la maſſe du liquide ainſi renfermé, en s'échauffant ſe dilate plus que la matiére du vaiſſeau, & le fait crever par deux raiſons; 1°, parce que les liqueurs ne ſe laiſſant point comprimer à la maniére des ſolides, le volume qui tend à s'augmenter, ne ſçait point céder à la réſiſtance des parois qui le renferment. 2°, Parce que l'effort ſe fait du dedans au dehors, & que les parties qui forment l'épaiſſeur du vaiſſeau, ne ſe ſoutiennent point réciproquement, comme cela arrive, quand une preſſion égale les ſerre extérieurement de toutes parts, comme je l'ai expliqué en par-

lant des récipiens de la machine pneumatique. *

XIV. LEÇON.

* Tom. 3. pag. 201, & seq.

Les bouteilles pleines de vin qu'on tire de la cave pendant les grandes chaleurs de l'Eté, se cassent quelquefois par les mêmes raisons; & elles se casseroient bien plus fréquemment, si l'on n'étoit pas dans l'usage de les tenir fraîches, soit en les plongeant dans l'eau de puits récemment tirée, soit en les entourant de glace pilée : une autre cause qui les empêche encore de se casser, lors même qu'on néglige de les rafraîchir, c'est qu'elles ne sont presque jamais pleines entiérement & que le liége dont on les bouche est une matiére flexible qui peut céder un peu à l'effort qui se fait par dedans.

De tous les exemples que je pourrois encore citer, comme ayant rapport à notre expérience, il n'en est pas qui convienne mieux, & qui mérite plus notre attention que le thermométre. L'instrument même que j'ai décrit dans la *préparation*, en est un; & l'on peut juger du mérite de cette invention moderne par la maniére dont elle a été accueillie, non-seulement des Physiciens, mais aussi des personnes qui

qui s'intéressent le moins aux progrès des sciences & des arts: est-il quelqu'un qui en ignore l'usage, & qui n'aime à en parler, lorsque le froid ou le chaud lui en donne occasion. On en peut juger aussi, & plus sûrement par les connoissances qu'il nous a déja procurées, & par celles qu'on a droit d'en attendre.

Avant qu'on eût des thermométres, comment pouvoit-on juger des différentes températures de l'air; de celle des lieux où il nous importe qu'elle soit à un degré déterminé, de l'état de certains mêlanges, de certaines compositions, dont le succès n'est sûr qu'autant qu'on y entretient telle ou telle chaleur? Connoissoit-on d'autres refroidissemens que ceux dont on s'apperçevoit par le toucher, signe tout-à-fait équivoque? Sçavoit-on que dans les caves profondes, & dans les autres souterreins il ne fait ni plus chaud en Hiver ni plus froid en Eté, que dans toutes les autres saisons de l'année; ou que s'il y a des différences, elles sont très-peu considérables? Sçavoit-on que l'eau qui bout long-tems ne devient pas plus chaude qu'elle ne l'est

XIV. LEÇON.

après les premiers bouillons ? Enfin, ſans les thermométres ſe ſeroit-on jamais douté, que dans les pays les plus chauds, ſous la ligne équinoxiale, la plus grande chaleur n'excéde pas celle que nous éprouvons quelquefois dans nos climats tempérés ? Auroit-on ſçu, & l'auroit-on pû croire, qu'il y eût un pays habité par des hommes, où le froid devient, en certaines années, deux fois auſſi grand & même davantage que celui qui cauſa tant de déſordre en 1709 dans la France, & dans pluſieurs autres parties de l'Europe ?

Le Phyſicien guidé par le thermométre travaille avec plus de certitude & de ſuccès ; le bon citoyen eſt mieux éclairé ſur les variations qui intéreſſent la ſanté des hommes, & les productions de la terre ; & le particulier qui cherche à ſe procurer les commodités de la vie eſt averti de ce qu'il doit faire pour habiter pendant toute l'année dans une température à peu près égale.

Cet inſtrument qui a tant d'avantages, & qui eſt digne d'Archymédes, ſortit pour la premiére fois des mains d'un payſan de Northollande (*a*). A la

(*a*) Traité des Barométres, des Thermo-

vérité ce paysan nommé Drebbel n'étoit point un de ces hommes grossiers qui ne connoissent que les travaux de la campagne; il paroît qu'il avoit naturellement beaucoup d'industrie, & apparemment quelque connoissance de la physique de ce tems-là. On peut ajouter encore, pour rendre cet événement moins merveilleux, que le thermométre de Drebbel étoit fort imparfait, capable à peine de faire entrevoir les utilités qu'on pouvoit attendre d'un autre qui seroit mieux construit, & d'en faire naître l'idée. C'étoit un tube de verre terminé en haut par une boule creuse de même matiére, & plongé par en bas dans un petit vase rempli d'eau ou de quelqu'autre liqueur colorée; le tout étoit attaché sur une planche divisée en parties égales, avec des chiffres de 5 en 5 ou de 10 en 10, comme on le peut voir par la *Fig.* 10. Pour mettre cet instrument en état de marquer les augmentations du froid & du chaud, l'Auteur appliquoit sa main sur la boule pour l'échauffer: aussi-tôt l'air du dedans se di-

métres & Notiométres, imprimé à Amsterdam en 1688.

XIV. LEÇON.

latoit, augmentoit de volume, & ne pouvant plus tenir dans cette eſpéce de vaiſſeau, une partie ſortoit par en bas, à travers de la liqueur colorée; on ceſſoit alors d'échauffer la boule, ce qui donnoit lieu à l'air qui étoit reſté de ſe condenſer, en ſe refroidiſſant; en même tems celui de l'atmoſphére, qui peſoit ſur la ſurface du petit vaſe, faiſoit monter la liqueur dans le tube juſqu'au milieu ou aux trois quarts de ſa longueur.

Cela étant fait, on voit bien que cette liqueur colorée, qui occupoit une partie du tube, devoit s'y élever ou s'abaiſſer, ſelon que la température de l'air extérieur refroidiſſoit ou échauffoit celui qui occupoit la boule & la portion du tuyau, immédiatement au-deſſous.

Ce thermométre avoit beaucoup de défauts qui l'ont fait abandonner: le plus grand de tous, c'eſt qu'il étoit ſujet, comme un barométre, aux variations du poids de l'atmoſphére, qui ne ſuivent pas, comme l'on ſçait, celles de ſa température. Comme la liqueur colorée ne montoit dans le tuyau qu'en vertu de la preſſion de l'air

du dehors, il pouvoit arriver que cette liqueur fût sollicitée à s'élever par cette cause, tandis qu'une augmentation de chaleur dilatant l'air du dedans, exigeoit qu'elle descendît ; & alors ces deux causes opposées l'une à l'autre, ou se détruisoient mutuellement à forces égales, ou ne produisoient dans les autres cas qu'un effet participant de l'une & de l'autre, toujours équivoque & peu propre à indiquer le vrai degré de chaleur qu'on cherchoit à connoître.

Cependant avec ce défaut & plusieurs autres dont je ne fais point mention, cet instrument avoit ce qu'il faut essentiellement pour faire un thermométre ; c'étoit un fluide très-dilatable renfermé dans un vaisseau transparent, & d'une figure propre à rendre sensibles les moindres changemens que le froid ou le chaud pourroient causer au volume. Cette premiére idée a servi comme de base à presque toutes les inventions de cette espéce qui ont paru depuis.

Le thermométre de Florence, ainsi nommé, parce qu'il vient originairement de l'Académie *del cimento* établie

XIV. Leçon.

dans cette ville, ou parce que Sanctorius, Médecin Italien, en fit usage, pour connoître le degré de chaleur de ses malades, fut pendant plus de soixante ans préféré à tous les autres; & c'est encore aujourd'hui celui qu'on trouve le plus communément dans les boutiques des émailleurs; il est composé d'un tube de verre fort menu, au bout duquel on a soufflé une boule: on emplit cette boule & environ un quart du tube, par un tems froid, ou après les avoir entourrés de neige ou de glace pilée, on les emplit, dis-je, d'esprit-de-vin coloré, & quand on juge que la liqueur est suffisamment refroidie, en chauffant le verre, on la fait monter presque jusqu'au haut du tube, que l'on scelle alors hermétiquement. (*a*) On attache ensuite cet instrument sur une planche divisée en 100 parties égales, que l'on distingue par des chiffres de 10 en 10 ou de 5 en 5, & qui mesurent toute la longueur du tube. *Voyez la Fig.* 11.

(*a*) Sceller un tube ou un vaisseau de verre hermétiquement, ou à la maniére d'Hermes, c'est amollir au feu de lampe la partie ouverte, jusqu'à ce que la matiére se joigne, & s'unisse de toutes parts.

A meſure que le thermométre s'eſt perfectionné, on a ſenti qu'il pouvoit l'être encore davantage ; on a déſiré qu'il le fût, & les plus grands Phyſiciens de ce ſiécle (*a*) ſe ſont fait honneur de travailler dans cette vue. Les Académiciens de Florence, & ceux qui avoient reçu d'eux cet inſtrument lui avoient laiſſé deux défauts qui limitoient beaucoup ſon uſage & qui rendoient ſes déciſions vagues & incertaines. Premiérement, le froid & le chaud qu'il marquoit ne ſe rapportoit à rien de fixe ni de connu : il faiſoit voir à la vérité que l'air ou toute autre matiére dans laquelle on le tenoit plongé avoit plus ou moins de chaleur qu'on n'y en avoit trouvé précédemment ; mais ce plus ou ce moins ne rappelloit aucune idée ſaiſiſſable pour établir une comparaiſon, pour former un jugement.

En ſecond lieu, pluſieurs thermométres de cette eſpéce n'étoient point comparables entr'eux : dans la même température, les uns ſe fixoient plus

(*a*) Mrs Amontons, Halley, Newton, de Reaumur, Delisle : Farenneith, & Prins guidé par M. Boheraave, &c.

XIV. LEÇON.

haut, les autres plus bas ; ce ne pouvoit être que par hazard & fort rarement, qu'ils exprimaſſent le même chaud ou le même froid par le même nombre de degrés ; & par une conſéquence néceſſaire, lorſqu'ils étoient placés dans des lieux différens, & que leurs marches ne s'accordoient point, on ne pouvoit pas en conclure avec ſûreté, que ces lieux fuſſent plus chauds l'un que l'autre, ni qu'ils le fuſſent également, quand bien même la liqueur ſe ſeroit fixée de part & d'autre vis-à-vis le même chiffre. On ne pouvoit donc comparer la température d'un tems ou d'un lieu, à celle d'un autre tems ou d'un autre lieu, qu'en employant le même thermométre, moyen impratiquable dans les cas les plus intéreſſans, comme, lorſqu'il s'agiroit de connoître le froid & le chaud de tous les climats de la terre, ou d'une longue ſuite d'années; comment faire voyager ainſi cette unique inſtrument, & quand cela ſe pourroit, ſa fragilité permettroit-elle de compter raiſonnablement ſur ſa durée ?

Mais ſuppoſons qu'un Phyſicien eût

été aſſez heureux pour faire, à l'aide de ſon thermométre, un grand nombre d'obſervations intéreſſantes; comment fera-t-il pour tranſmettre ſes connoiſſances, & pour déſigner au juſte ce qu'il ſçait par rapport aux différens degrés de froid & de chaud qui font partie de ſes découvertes? ſuffira-t-il qu'il diſe: Mon thermométre marquoit alors 15, 20, ou 30 degrés? ce langage ne ſe fera point entendre de ceux à qui ce thermométre eſt inconnu; ceux même qui le connoîtroient, n'en feroient guére mieux inſtruits, s'ils ne s'étoient mis un peu au fait de la valeur de ces termes, par d'autres obſervations.

Dès les premiéres années de ce ſiécle, M. Amontons * conçut l'idée d'un thermométre comparable, d'un thermométre, qui eût pour baſe un terme de chaleur fixe, connu de tout le monde, facile à retrouver quand il en feroit beſoin, avec une graduation qui au lieu d'être arbitraire, comme à celui de Florence, offrît à l'eſprit des quantités proportionnelles & relatives à un terme commun. En un mot, ce nouvel inſtrument devoit être tel,

* *Mém. de l'Académie des Sciences 1702, pag. 161. & ſeq.*

XIV. LEÇON.

qu'étant conſtruit par diverſes perſonnes, en différens tems, & dans tous les lieux imaginables, il exprimât toujours le même chaud ou le même froid par le même nombre de degrés; & que s'il venoit à ſe caſſer ou à ſe perdre, celui qu'on lui ſubſtitueroit, étant fait ſur les mêmes principes, le remplaçât à tous égards, en marquant tout ce qu'il auroit marqué lui-même.

Pour remplir ce projet, M. Amontons faiſoit uſage de deux belles découvertes qu'il venoit de faire, & dont nous avons déja fait mention: * la premiére, que le reſſort ou la force élaſtique de l'air s'augmente d'autant plus par le même degré de chaleur que ce fluide eſt chargé d'un plus grand poids: la ſeconde, que l'eau qui a une fois acquis aſſez de chaleur pour bouillir, ne devient pas plus chaude, quoiqu'elle continue de bouillir plus long-tems. Il avoit donc d'une part, un point fixe de chaleur très-ſaiſiſſable, à portée de tout le monde, & qui renfermoit au-deſſous de lui tous les degrés de froid & de chaud qu'on pouvoit éprouver dans les différens climats: d'un autre côté

* Tom. 3. pag. 262. & Tom. 4. pag. 46.

il employoit fort ingénieuſement le poids d'une colonne de mercure, pour charger & comprimer une maſſe d'air contenue dans une boule creuſe, à laquelle étoit adapté un tube de verre recourbé, comme on le peut voir par la *Fig.* 12. Il apprenoit par la hauteur plus ou moins grande du mercure dans le tube *g h*, de combien le reſſort de l'air contenu dans la boule *k* étoit moindre que celui qu'il reçoit de l'eau bouillante, quand on l'y tient plongé ; & comme on ſçavoit que ce reſſort augmenté ou affoibli étoit l'effet d'une chaleur plus ou moins forte, on jugeoit de l'intenſité de cette cauſe par la colonne de mercure plus ou moins longue que ſoutenoit l'air de la boule.

Cependant comme la maſſe d'air avoit à ſoutenir non-ſeulement le mercure contenu dans le tube, mais encore une colonne de l'atmoſphére qui peſoit en *g*, & dont le poids eſt variable ; dans l'uſage qu'on faiſoit de cet inſtrument, il falloit avoir égard à la hauteur actuelle du barométre ; c'eſt-à-dire, que ſi le thermométre, par exemple, avoit été conſtruit dans

XIV. LEÇON.

un tems & dans un lieu où le barométre marquoit 28 pouces, & qu'on vînt à le consulter lorsque le même barométre ne marquoit plus que 27 pouces $\frac{1}{2}$; il falloit rabattre six lignes de l'élévation du mercure dans le tube *g h* du thermométre ; & au contraire compter sur l'addition d'une pareille quantité, si du tems de la construction, à celui de l'observation, le barométre avoit monté de six lignes.

Cette attention qui auroit peu coûté à des Physiciens, étoit pourtant une sujétion incommode dans l'usage d'un instrument qui devoit passer entre les mains de tout le monde ; d'ailleurs ce thermométre étoit nécessairement grand, sans quoi le mercure qui sortoit de la boule pour monter dans le tuyau eût laissé un vuide qui auroit augmenté la capacité occupée par la masse d'air, d'une quantité trop considérable, pour être négligée, comme on supposoit qu'elle pouvoit l'être sans erreur sensible ; cette grandeur, nécessaire pour la justesse, mettoit le verre en plus grand risque d'être cassé, & ne permettoit pas qu'on pût le plonger dans des liqueurs ou dans

d'autres matiéres qu'on n'auroit eû qu'en petite quantité, comme il arrive assez souvent dans les laboratoires de Physique ou de Chymie. Enfin, pour être sûr que plusieurs thermométres de cette espéce, eussent tous la même marche, il falloit que les masses d'air renfermées dans les boules fussent de la même qualité; car on sçait que la dilatabilité de ce fluide dépend beaucoup de son degré de pureté, & que s'il est plus ou moins humide seulement, le même degré de chaleur le dilate avec des différences très-considérables; comment pouvoit-on s'assûrer au juste de l'état de celui dont on remplissoit la boule, dans des tems & dans des lieux éloignés les uns des autres?

Ces difficultés, jointes à celles d'une construction assez délicate (*a*), ont empêché que le thermométre de M. Amontons, tout ingénieux qu'il étoit, ne s'acréditât d'une certaine façon: un ouvrier fort intelligent de ce tems-là (*b*), instruit & guidé par

(*a*) Voyez le Mémoire cité ci-dessus à la page 168.

(*b*) Le sieur Hubin, habile & célébre Emailleur.

XIV. LEÇON.

l'Auteur même, en répandit un certain nombre, que les Curieux conserverent dans leurs Cabinets; mais ce qu'on nomme le Public, prit peu de part à cette invention; à peine trouve-t-on quelque Ouvrage de physique, où il soit fait mention de l'usage qu'on en a fait.

Il étoit réservé à M. de Reaumur de causer à cet égard une révolution presque totale, de faire cesser jusques parmi le peuple l'usage du thermométre de Florence, & de lui en substituer un, qui n'ayant point l'air d'une nouveauté par son extérieur, se trouve avoir toutes les qualités qu'on avoit desirées jusqu'alors dans cet instrument: en effet, en suivant de point en point ce que prescrit Mr. de Reaumur *, chacun peut en tout tems, & presque en tout lieu construire des thermométres, dont les marches soient comparables entr'elles, dont les degrés soient relatifs à des termes de froid & de chaud bien fixes & bien connus, des thermométres qu'on observe immédiatement & sans aucune déduction, & qui soient applicables à toutes les épreuves qui

* *Mém. de l'Académie des Sciences, 1730. pag. 452 & seq.*

ſont du reſſort de cet inſtrument.

Pour remplir toutes ces vûes, M. de Reaumur commence la graduation de ſes thermométres au degré de froid qui fait geler l'eau commune, & qui ſuffit à peine pour empêcher de fondre la glace que l'on tient dans un lieu où il ne gêle pas; il eſt peu d'endroits où l'on ne puiſſe avoir de la glace, de la neige, ou au moins de la grèle dans quelque ſaiſon de l'année, & ce terme plus facile à obtenir qu'aucun autre dont on ſe ſoit ſervi juſqu'à préſent, eſt auſſi plus ſaiſiſſable, & moins ſujet à varier; ceux qui lui préférent la température des caves profondes, prétendent-ils qu'on trouvera plus communément des ſouterreins ſemblables à celui de l'Obſervatoire de Paris, que de l'eau glacée ou prête à l'être? Quand cela ſeroit auſſi vrai qu'il eſt peu vraiſemblable, nous ſçavons préſentement, à n'en plus douter, que cette température ſouterreine n'eſt point fixe comme il faudroit qu'elle le fût, & comme on l'a ſuppoſé long-tems. Je ne crois pas non plus qu'un froid artificiel excité par un mêlange de glace avec

XIV. Leçon.

quelque ſel, doive être préféré au froid naturel de la glace ou de la neige pure; plus les opérations ſont ſimples, moins elles nous expoſent à nous tromper. La chaleur de l'eau bouillante même, que quelques Phyſiciens ont pris pour leur point fixe, ne l'eſt pas autant que celui dont M. de Reaumur fait uſage pour commencer ſa graduation. L'eau n'eſt auſſi chaude qu'elle peut l'être, qu'après avoir bouilli pendant quelques inſtans; & comme elle s'échauffe de plus en plus, juſqu'à ce qu'elle bouille très-fort, & que ce bouillonnement arrive plutôt ou plus tard, ſelon le poids actuel de l'air qui péſe ſur ſa ſurface, il eſt évident que le degré de chaleur de l'eau qu'on fait bouillir, devient plus ou moins grand, ſuivant la peſanteur actuelle de l'atmoſphére; auſſi Farenneiht, qui fit le premier cette remarque, avoit-il bien ſoin de conſulter la hauteur du barométre avant que de marquer le terme de l'eau bouillante ſur ſes thermométres de mercure; & je ne doute pas que M. de Liſle, qui part auſſi de ce terme pour la graduation des ſiens, n'ait

n'ait égard à cette Obſervation, qui a été bien vérifiée depuis. XIV. LEÇON.

Après avoir fait choix d'un terme fixe, M. de Reaumur par des procédés ingénieux, mais dont il faut apprendre le détail par la lecture même de ſon Mémoire, étudie & trouve le rapport qu'il y a entre la capacité de la boule & celle du tuyau; il eſt bien plus sûr & plus facile de s'y prendre ainſi, que de prétendre obtenir quelque proportion déterminée des Ouvriers qui ſoufflent ces ſortes de verres, & que la plus longue habitude ne met pas en état de faire à cet égard ce que l'on voudroit. Cela étant fait, il diviſe le tube de maniére que chaque portion de ſa capacité peut contenir tout juſte $\frac{1}{1000}$ partie de la liqueur qui occupe la boule & environ un quart du tuyau; de ſorte qu'ayant fait prendre à cette liqueur le froid de la glace, il marque zero à l'endroit où elle s'arrête, & compte au-deſſous de ce terme les degrés de condenſation, & au-deſſus, ceux de dilatation.

Quand la liqueur, en s'échauffant, monte dans le tube de 5 ou 6 degrés

XIV. LEÇON.

au-dessus de zero, *terme de la glace, ou de la congélation de l'eau*, cela signifie donc que son volume qui n'étoit que de 1000 parties devient égal à 1000 & 5, ou 6 de ces mêmes parties, & quand au contraire la liqueur en se refroidissant s'abaisse au-dessous de ce terme, on sçait par le nombre de degrés qu'elle parcourt en descendant, que son volume est diminué de tant de milliémes.

Si deux de ces thermométres sont faits avec des boules & des tubes, dont les capacités ne soient point de part & d'autre dans des rapports semblables, que le tube de l'un, par exemple, soit à la boule comme 100 à 1000, ou comme 1 à 10 pour la capacité, & que la proportion de l'autre soit comme 150 à 1000, ou comme 1 $\frac{1}{2}$ à 10; tout ce qu'il en arrivera, c'est que l'échelle de celui-ci aura les degrés plus petits & en plus grand nombre que l'autre; mais dans tous les deux, ces degrés seront toujours les milliémes de la capacité qui est au-dessous de zéro, & c'est ce qui caractérise principalement le thermométre de M. de Reaumur, & ce

qui le fait différer essentiellement de ceux dont la graduation faite en parties égales & en nombre arbitraire sur la longueur du tuyau, ne donne aucune idée distincte de l'action de la chaleur, puisque la dilatation de la liqueur qui en est l'effet, n'y est pas mesurée par des quantités égales, ou proportionnelles.

XIV. LEÇON.

Mais ce n'étoit point assez pour rendre les thermométres comparables, & leur procurer des marches semblables, de commencer la graduation à quelque terme connu & fixe, & d'établir une certaine proportion entre toutes les parties du tuyau, & la capacité de la boule; il falloit encore convenir d'une liqueur dont le degré de dilatabilité fût déterminé & qu'on pût aisément se procurer partout; car nous avons fait voir par l'expérience même qui a fait naître cette digression, que le degré de chaleur qui fait monter l'esprit-de-vin dans le tube jusqu'au 87e milliéme n'éléve pas autant, à beaucoup près, l'eau pure, l'huile de lin, le mercure, & que chacune de ces liqueurs, également chauffée, se fixe à la hauteur

XIV. Leçon.

qui lui convient; d'où il arriveroit nécessairement, que si deux thermométres, construits d'ailleurs suivant les principes de M. de Reaumur, différoient seulement par plus ou moins de dilatabilité dans leurs liqueurs, les degrés correspondans ne pourroient plus exprimer des quantités semblables de froid & de chaud: l'un des deux, par exemple, marqueroit la chaleur animale par 32 degrés au dessus du terme de la glace, & l'autre par le même nombre de degrés exprimeroit une chaleur qui seroit, à coup sûr, plus forte ou plus foible.

La liqueur la plus dilatable seroit sans doute la plus propre à faire des thermométres bien sensibles; mais dans bien des occasions on auroit peine à la trouver, & l'intention de l'Auteur a été que le nouveau thermométre pût se faire en tout tems & en tout lieu; c'est pourquoi il s'est un peu relâché sur la grande dilatabilité, pour sauver une difficulté par laquelle on auroit été souvent arrêté: M. de Reaumur s'est fixé à l'esprit-de-vin, qu'il affoiblit avec de l'eau; & après avoir donné des régles pour

cet affoibliſſement, il enſeigne des moyens ſûrs pour connoître ſi ce mêlange a atteint précisément le degré preſcrit de dilatabilité; ces épreuves conſiſtent à faire paſſer un de ces thermométres par certains degrés de chaud & de froid, qu'on ſçait d'ailleurs être toujours les mêmes, par la chaleur de l'eau bouillante, par exemple, par celle d'un mêlange de glace ou de neige, avec un tiers du poids de ſel marin, &c. de-là vient que dans tout les thermométres conſtruits ſur ces principes, le degré de l'eau bouillante eſt de 80, celui de la chaleur animale $32\frac{1}{2}$, celui des ſouterreins très-profonds $10\frac{1}{4}$, celui du ſel commun, mêlé avec la glace 15, au-deſſous du terme de la congélation de l'eau; & cette méthode eſt ſi ſûre, que quand une fois la liqueur eſt propre à l'un de ces termes, au refroidiſſement cauſé à la glace par le ſel marin, par exemple, elle convient pour tous les autres.

Si dans la conſtruction de ces thermométres on a donné la préférence à l'eſprit-de-vin ſur des liqueurs ſuſceptibles d'un plus haut degré de cha-

XIV. LEÇON.

leur, c'eſt qu'on s'eſt propoſé avant toute choſe d'en faire un inſtrument météorologique, un inſtrument dont le principal uſage ſeroit de faire connoître les différentes températures de l'air, & en le conſidérant ſous ce point de vûe, il eſt inconteſtable qu'on a eu raiſon de préférer aux huiles qui s'épaiſſiſſent, & au mercure qu'on a peine à appercevoir, une liqueur très-dilatable, qui ſe colore autant qu'on le veut, & qui peut ſoutenir beaucoup plus de chaleur qu'elle n'en peut jamais recevoir de l'air dans aucun climat. S'il eſt queſtion de s'en ſervir dans les laboratoires de Phyſique & de Chymie pour meſurer des degrés de chaud qui ſurpaſſent celui de l'eau bouillante; ſi des obſervations récentes & poſtérieures à l'invention de cet inſtrument, ont appris que l'eſprit-de-vin affoibli pourroit bien ſe geler dans certaines parties du monde, où l'on ſeroit peut-être bien aiſe de le faire voyager, rien n'empêche qu'en gardant tout le reſte de la conſtruction, on ne ſubſtitue à l'eſprit-de-vin pour ces cas rares, ou pour des uſages particuliers, toute autre liqueur

moins prompte à bouillir, pourvû qu'on tienne compte de son degré de dilatabilité.

XIV. LEÇON.

J'ai beaucoup de peine à croire que l'esprit-de-vin devienne moins dilatable & moins condensable par succession de tems : c'étoit pourtant l'opinion de M. Halley, cité par M. Muschenbroek *, qui dit l'avoir éprouvé lui-même ; c'est aussi sur ma propre expérience que je m'appuye pour penser tout autrement ; voilà bien des fois que je remets à la glace, à l'eau bouillante, & aux autres épreuves, des thermométres que j'ai faits il y a environ trente ans, & je les vois toujours revenir aux mêmes termes ; celui de M. de la Hyre, que l'on conserve encore à l'Observatoire, & que l'on tient depuis plus de cinquante ans en plein air dans toutes les saisons, ne donne aucune marque sensible d'affoiblissement.

* *Essais de Phys. t. 1. pag. 461.*

Le seul reproche raisonnable qu'on ait fait aux thermométres de M. de Reaumur dans le tems qu'ils commencerent à paroître, (& c'étoit moins un reproche qu'un regret;) c'est qu'étant beaucoup plus grands que ceux

XIV. LEÇON.

de Florence, ils en étoient moins faciles à transporter par-tout où l'on souhaitoit les avoir, & moins prompts à suivre les changemens qui arrivent, quelquefois assez subitement, à la température de l'air. Cette difficulté fut bien-tôt levée; M. de Reaumur, sous la direction duquel je travaillois alors, me fit appercevoir que ces grands instrumens, & l'appareil qu'ils exigeoient pour être construits avec justesse, n'étoient nécessaires que pour en régler d'autres qui pourroient être aussi justes qu'eux, & beaucoup plus petits; je n'en ai plus fait depuis que pour cet usage, & tous ceux qui sont sortis de mon laboratoire, étoient, ou de la grandeur ordinaire des barométres, ou renfermés dans une petite boîte fort étroite, qui n'avoit pas un pied de longueur, *Fig.* 13. On les pourroit bien faire encore plus petits, à l'imitation de ceux qui entrent dans des étuis à curedents, *Fig.* 14. mais je pense, que, comme il n'étoit pas raisonnable de rejetter les premiers thermométres de M. de Reaumur, par la seule raison que les yeux n'étoient pas accoutumés à voir ces sortes


Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 10.
D
Fig. 9.
A
e
f
B
C
G
k
h

tes d'inſtrumens de quatre ou cinq pieds de hauteur, il eſt preſque puérile auſſi, de vouloir qu'ils puiſſent ſe porter dans la poche, comme un couteau, & de forcer gratuitement ſa vûe ſur une graduation exceſſivement fine.

La premiére expérience employée dans cette Leçon fait naître une difficulté contre tous les thermométres qui ont paru juſqu'à préſent : tous, par leur forme, reſſemblent plus ou moins au vaiſſeau repréſenté par la *Fig.* 1. & nous avons vu que la boule qui contient la plus grande partie de la liqueur, ſe dilate & devient plus grande à meſure qu'elle s'échauffe. Il ſuit de-là que la liqueur d'un thermométre ne monte pas auſſi haut dans le tube qu'elle y monteroit, par le degré de chaleur qu'elle éprouve, ſi la capacité de la boule étoit abſolument invariable ; & par rapport à celui de M. de Reaumur, que les portions du tuyau qui répondent à chaque degré ne ſont rigoureuſement des milliémes de la capacité qui eſt au-deſſous de zéro, que quand l'inſtrument eſt dans une température égale à celle où il

XIV. LEÇON.

étoit, quand on a meſuré & déterminé cette proportion. Dans les grandes chaleurs ces meſures péchent par défaut, elles ne contiennent pas tout-à-fait cette milliéme partie dont il s'agit; dans les grands froids elles la contiennent, & un peu plus, elles péchent par excès; ſi la liqueur échauffée par de l'eau bouillante s'arrête vis-à-vis le chiffre 80, il faut donc entendre qu'elle s'éléveroit plus haut de toute la quantité dont l'inſtrument de notre expérience, plongé dans l'eau qui bout, fait deſcendre la ſienne, ſi les boules & les tubes étoient dans les mêmes rapports de part & d'autres.

Cet effet eſt inévitable; il ne s'agit plus que de ſçavoir de quelle quantité il influe ſur les proportions d'où dépend l'exactitude du thermométre; dans quels cas il cauſe une imperfection notable, & s'il y a des moyens pour y remédier. Le Mémoire de M. de Reaumur, cité ci-deſſus *, répond amplement ſur tous ces articles; je crois ne pouvoir mieux faire que d'y renvoyer le Lecteur, comme j'ai fait à l'égard des détails qui regardent la

* p. 398.

construction du thermométre même ; car, je l'ai déja dit plusieurs fois, cet ouvrage n'est point fait pour apprendre à construire des instrumens de Physique ; si je m'écarte quelquefois pour en montrer, pour ainsi dire, l'esprit & les principes, ce n'est qu'autant que ces digressions ont un rapport assez marqué avec la matiére que je traite, c'est la raison pour laquelle j'espere qu'on voudra bien me pardonner la longueur de celle-ci. Je ne dois pourtant pas la finir sans dire un mot de l'usage le plus commun du thermométre, & de la maniére de l'observer.

C'EST ordinairement pour connoître les différens degrés de chaud & de froid qui régnent dans l'air, qu'on employe cet instrument, & qu'on est curieux d'examiner sa marche : pour le faire d'une maniére convenable, il faut avoir quelques attentions, sans lesquelles on tomberoit dans l'inexactitude. Il faut 1°, placer le thermométre à l'air libre, c'est-à-dire, en dehors des appartemens ; & s'il est appuyé contre un mur, on doit prendre garde que ce mur ne contienne

XIV. Leçon.

dans son épaisseur quelque tuyau de cheminée, ou qu'il ne soit adossé à quelque four où l'on fasse du feu en certains tems. Ceux que l'on place dans des chambres ne peuvent indiquer que la température du lieu où ils sont, cela n'est pas inutile dans bien des occasions (*a*) : mais on n'en doit rien conclure pour le tems qu'il fait au dehors. 2°, L'exposition doit être au nord ou à peu près, dans quelque place qui ne reçoive jamais ni les rayons directs, ni même les rayons réfléchis du soleil; & à cet égard, il est bon que l'on sçache que la proximité d'un grand arbre, d'un édifice, fût-il passablement éloigné, d'une montagne voisine, &c. peut causer des reflets de lumiére très-efficaces; le pavé même renvoye au premier étage, & aux appartemens du rez-de-chaussée, une chaleur qui différe notablement de celle qui agit plus haut. 3°, Le tems le plus froid des vingt-quatre heures,

(*a*) Pour échauffer, par exemple, convenablement la chambre d'un malade, ou une serre; pour sçavoir la différence qu'il y a quant au froid, entre l'air du lieu que l'on habite, & celui qu'on doit respirer en sortant, & éviter des excès dangereux, &c.

qui composent dans nos climats la nuit & le jour, étant pour l'ordinaire celui qui précéde un peu le lever du soleil, & le tems le plus chaud celui qui arrive deux ou trois heures après le passage de cet astre pas le méridien, il est à propos qu'un Observateur exact visite le thermométre deux fois tous les jours ; le matin, & l'après-midi dans les tems dont je viens de parler, indépendamment des observations qu'il lui plairoit de faire dans les autres heures du jour ou de la nuit.

4°, Quand on regarde la liqueur pour sçavoir au juste à quel degré d'élévation elle est, il est nécessaire de placer l'œil à la même hauteur ; car s'il est plus haut, on jugera la liqueur moins élevée qu'elle ne l'est en effet ; & s'il est plus bas, cette même liqueur paroîtra trop haute. *Voyez la Fig.* 15.

5°, Enfin, on doit faire attention, que si l'on s'approche fort près & long-tems, sur-tout avec un flambeau ou une bougie allumée, pour observer le degré de froid ou de chaud qui est désigné par la liqueur du tube, il peut arriver que celle de la boule reçoive quelque chaleur qui ne vient

XIV. LEÇON.

point de l'air, & qui rende l'obſervation moins exacte.

Si l'on veut donc faire part de ſes remarques ſur les diverſes températures de l'air, & leur mériter de la confiance de la part des Connoiſſeurs, on aura ſoin de dire de quelle eſpéce de thermométre on s'eſt ſervi, en quel endroit de la terre, & comment il étoit expoſé, à quelles heures, & avec quelles attentions on l'a obſervé.

On a vu par la premiére & par la ſeconde Expérience, que les corps ſolides les plus durs, les plus compacts, ſe dilatent & augmentent en volume quand on les échauffe de plus en plus juſqu'à un certain point; la troiſiéme Expérience a prouvé que les liquides ſont ſoumis à la même loi; il s'agit maintenant d'examiner quels effets peut produire ſur les uns & ſur les autres une chaleur continuée & plus grande que celle d'où il ne réſulte qu'une ſimple dilatation ou écartement de parties: commençons par ceux de la premiére claſſe.

La plûpart des mixtes, ceux même qui ont aſſez de conſiſtance pour

être nommés solides, sont composés de parties dont les unes bien moins fixes que les autres, quittent la masse avec le feu qui s'en exhale; & ces sortes de déchets commencent souvent avec les premiers degrés de chaleur: de-là il arrive que le corps chauffé, avant que d'être arrivé à ses derniers degrés de dilatation, n'est déja plus le même qu'il étoit au commencement, il a changé de nature par l'évaporation d'une partie de ses principes, & il a passé par divers états, si ces mêmes principes, plus volatils les uns que les autres, n'ont cédé que successivement à l'action du feu. On ne doit pas s'attendre de trouver ici le détail de tous les changemens qui arrivent par cette voie aux différentes espéces de substances sur lesquelles on fait agir le feu; c'est un objet qui appartient à la Chymie, & qui seroit étranger à présent; celui qui m'occupe est de faire connoître l'action du feu en général, ce que cet élément est capable d'opérer, & non pas ce qu'il opére en effet sur telle ou telle matiére en particulier; si je suis obligé de m'attacher à des exemples, parce

XIV. Leçon.

que j'emprunte mes preuves de l'expérience, je dois choisir préférablement les plus simples, je dois représenter l'action du feu sur des matiéres dont les parties semblables entr'elles, se prêtent ou se refusent, toutes également au même effet; or dans la plupart des corps qui sont tels que je les suppose ici, la dilatation poussée jusqu'à son dernier période, finit enfin par un amollissement de la masse, par une liquéfaction plus ou moins parfaite, selon la nature du corps que l'on chauffe, ou le degré d'activité du feu que l'on fait agir.

IV. EXPERIENCE.

Preparation.

Je place dans la demi-coquille d'une noix une de ces piéces de monnoie que nous nommons *sol neuf*, dont la valeur est actuellement de dix-huit deniers, ou six liards, & qui sont faites d'un alliage de cuivre avec un peu d'argent: dessus & dessous cette piéce, que je ploye un peu en forme de gaufre, je mets autant qu'il en peut tenir dans cette espéce de creuset, un

mêlange fait de trois parties de nitre ou ſalpêtre fin, bien pulvériſé & ſéché ſur une pêle de fer que je fais chauffer, auxquelles je joins une partie de fleur de ſoufre, & autant de ſcieure ou rapure de quelque bois tendre tamiſée (*a*). Je place la coquille ainſi chargée ſur du ſablon, ou ſur quelque ſupport qui s'accommode à ſa convexité, afin qu'elle ne ſe renverſe point, & avec une allumette je mets le feu à la poudre qu'elle contient. *Voyez la Fig.* 16.

EFFETS.

On voit la poudre s'enflammer & fuſer pendant quelques inſtants, après quoi l'on apperçoit au fond de la coquille le métal fondu & très-ardent, qui ſe ramaſſe en forme de bouton, & qui ſe durcit promptement dès que la matiére qui brûloit autour, eſt conſumée.

EXPLICATIONS.

Le feu dont on ſe ſert dans cette expérience eſt d'autant plus puiſſant,

(*a*) Na. Que toutes ces doſes ſont priſes au poids.

XIV. Leçon.

qu'il fait agir avec lui sur le métal, le soufre & le nitre qu'il a mis en fusion; ces matiéres qui contiennent un acide qui suffiroit seul pour dissoudre le cuivre & l'argent, dont le *sol neuf* est composé : on a vu par une expérience de la premiére Leçon* qu'une piéce de monnoie s'ouvre en deux lorsqu'elle est pénétrée d'une certaine façon par la vapeur de soufre; & tout le monde sçait que l'esprit de nitre est le dissolvant de presque tous les métaux; nous devons donc croire que ce mêlange enflammé, porte sur la piéce qu'on y a plongée, un degré de chaleur très-violent qui l'a bien-tôt dilatée autant qu'elle peut l'être; mais la même cause continuant d'agir; le métal fait plus que se dilater; ses parties trop écartées les unes des autres, pour conserver leur adhérence réciproque, se quittent enfin, & nagent librement dans la grande quantité de feu qui les pénétre.

* Tom. I. pag. 15.

Il ne faut pas moins que cette grande abondance de parties ignées pour tenir en fusion du cuivre & de l'argent; dès que le mêlange consumé leur donne lieu de s'évaporer & de

ſortir de la maſſe qu'elles tiennent en état de liquidité, cette même maſſe reprend bien-tôt ſa premiére conſiſtance en paſſant, quoique plus lentement par tous les degrés de froid ou de moindre chaleur, que le feu lui avoit fait perdre.

Ce qui mérite bien d'être remarqué, c'eſt que ce feu dont l'activité fait fondre un métal très-dur, ne conſume pas la coquille de noix qui ſert de creuſet. Elle demeure ordinairement preſqu'entiére, après l'opération; elle n'eſt que légérement endommagée par dedans, ou ſi elle eſt percée, c'eſt ſeulement à l'endroit où a repoſé le métal fondu, ſi l'on n'a pas eu ſoin de l'éteindre avec de l'eau, dans l'inſtant qu'on s'eſt apperçu qu'il avoit coulé. Ce fait conſidéré en lui-même, paroît être d'une légére importance, & ne pas mériter la peine qu'on s'y arrête; mais il tient à d'autres qui intéreſſent davantage & qui dépendent comme lui d'une propriété du feu, digne d'une attention ſérieuſe.

Le feu, quand il agit en force ſuffiſante, produit des effets d'autant plus

XIV. LEÇON.

grands, que ſon action a été plus retardée : quand une fois cette action devient victorieuſe, elle dilate, elle diſſout, elle diſſipe une maſſe avec d'autant plus de promptitude, & d'une maniére d'autant plus complette, que les parties de cette maſſe lui ont oppoſé plus de réſiſtance, avant que de céder : les métaux plus difficiles à fondre que la cire, la réſine, la graiſſe, &c. coulent auſſi beaucoup plus vîte, quand ils ſont atteints par le degré de chaleur auquel doit céder la cohérence de leurs parties. Les huiles graſſes s'enflamment plus tard que l'eſprit-de-vin, ou celui de térébenthine, mais leur embraſement porte un degré de chaleur bien plus conſidérable: la poudre qui s'allume en plein air, ne fait qu'un effort bien médiocre & qui n'a nulle proportion avec celui dont elle eſt capable, dans une arme à feu, ou dans un fourneau de mine.

Je conçois donc que le feu appliqué à la ſurface d'un corps ſolide, fait deux choſes en même tems; il le pénétre d'un côté à l'autre, & en le pénétrant, il met en action les particules du feu qui réſident dans les petites maſſes

qui composent ce corps ; si ces petites masses sont de nature à céder aisément aux premiers degrés d'expansion que reçoit le feu qu'elles renferment, celles de la surface se dissolvant, ou s'évaporant avant que les autres, qui sont plus reculées, ayent été suffisamment échauffées ; de couche en couche la masse se fond, comme on voit que cela arrive à de la cire, ou à du beurre ; ou bien, elles se dissipent en fumée & en flamme, comme on peut le remarquer, lorsqu'on voit brûler une bûche.

Mais si les parties de la surface ont un degré de fixité, qui donne le tems au feu qui les attaque, de porter son effort jusques sur les autres & d'animer suffisamment les petites portions de feu qu'elles renferment ; je comprends que l'expansion de ce feu interne, qui doit désunir les parties propres de la masse, doit avoir lieu presque en même tems par-tout, & que la dissolution devient générale en très-peu de tems, comme on voit que cela se passe à l'égard des métaux.

Si l'on veut revenir maintenant à la coquille de noix, qui a donné lieu à

XIV. LEÇON.

cette remarque, on verra pourquoi elle s'est conservée presque toute entiére, tandis que le métal qu'elle contenoit, s'est embrasé jusqu'à se fondre; l'action du feu, qui n'a eu qu'une petite durée, en a pourtant eu assez, pour pénétrer & ébranler jusques dans ses moindres parties une piéce très-mince, qu'elle attaquoit en même tems de toutes parts. Mais à l'égard du petit creuset de bois, elle n'a eu le tems que d'agir sur sa superficie intérieure, qu'elle a brûlée, ou si elle a pénétré dans son épaisseur, une trop grande porosité lui a laissé le passage si libre, qu'elle s'est dissipée, sans animer les parties de son espéce qui pouvoient y être, au point de causer l'embrasement total.

APPLICATIONS.

LES Arts ont bien profité de cette action du feu, qui fait passer diverses matiéres de l'état de solidité à celui de liquidité. Il n'est presque pas de métier, qui ne s'en aide, ou qui n'en fasse son principale objet : le Menuisier, le Sculpteur, le Luthier, l'Ebéniste, & tant d'autres, font un usage continuel

de la colle forte, qui n'est autre chose que de la corne préparée pour se fondre aisément dans l'eau chaude, & se durcir ensuite : tant qu'elle est liquide, elle s'étend sur le bois, elle se moule dans ses pores, & en s'y durcissant, elle devient un lien commun entre deux surfaces appliquées l'une contre l'autre. Il en est presque de même des soudures employées par le Ferblantier, le Plombier, le Chaudronnier, l'Orfévre, &c. Ce sont des alliages qui coulent à un degré de feu au-dessous de celui qu'il faudroit pour fondre les piéces de métal, qu'on veut joindre, & qui, lorsqu'ils se refroidissent prennent une dureté & une consistance égale ou à peu près, à celle de ces mêmes piéces. Ceux qui fabriquent la chandelle, la bougie, la cire à cacheter, &c. ne sont presque occupés qu'à fondre & à refondre ces matiéres pour les façonner ; enfin c'est par la fusion des matiéres les plus dures qu'on est parvenu à faire le verre, matiére peut-être plus estimable que l'or, si l'on veut l'apprécier par les commodités qu'elle nous procure, & par les effets merveilleux dont elle embellit le monde.

XIV. LEÇON.

Mais de tout ce qui peut se fondre, & se durcir ensuite, je ne vois rien de comparable aux métaux, par rapport à la multiplicité & à l'importance des usages qu'on en fait ; depuis qu'ils sont tirés du sein de la terre, jusqu'au moment où ils y rentrent par la dispersion de leurs parties, presque toutes les formes qu'on leur fait prendre, ils les doivent au feu qui les liquefie dans le creuset, pour être coulés dans des moules, ou qui les amollit à la forge, pour les rendre flexibles sous le marteau.

Le fer fondu presque en sortant de la miniére, devient marmites, chaudiéres, canons, tuyaux d'Aqueducs, plaques de cheminées, vases de jardins, &c. & que ne deviendroit-il pas, si celui qui en fait commerce, sçavoit profiter de tout ce que M. de Reaumur a expérimenté & écrit * sur la maniére de traiter ce métal, & de le mettre en œuvre ? Le fer doux & celui que l'on a converti en acier, ne deviennent plus assez liquides, pour être coulés, mais ils sont encore susceptibles d'une demi-fusion, c'est-à-dire, qu'ils s'amollissent ; & entre les mains du

* *L'art de convertir le fer en acier, &c.*

du Serrurier, du Taillandier, du Coutelier, du Fourbisseur, de l'Arquebusier, du Maréchal, &c. ils reçoivent une infinité de façons, par lesquelles ils rendent nos bâtimens & nos voitures solides, sûres, agréables & commodes; ils nous procurent des armes pour notre défense, & pour nos plaisirs; & ils fournissent des instrumens & des outils pour tous les Arts. XIV. LEÇON.

L'Orfévre, le Bijoutier, le Fabriquant d'Etoffes, ministres du luxe & de la mode, remettent souvent le même or & le même argent au creuset, pour changer les contours de la vaisselle, pour donner de nouvelles formes aux boîtes, aux étuis, &c. & pour enchérir sur les desseins & les ornemens de l'année précédente: sans cette facilité de fondre & de refondre, le goût de la nouveauté auquel on s'abandonne si volontiers, auroit bien moins de ressource, & l'industrie n'auroit pas autant de moyens de s'exercer & de se perfectionner.

Que ne fait-on pas avec le cuivre fondu, sur-tout avec celui qu'on a rendu jaune, en le mêlant avec la Calamine: est-il présentement un meu-

XIV. LEÇON.

ble qui n'en ſoit décoré ? la dorure qu'il reçoit aiſément, & qu'il fait ſi bien valoir, n'a pas peu contribué au grand uſage qu'on en fait aujourd'hui : mais ce qui a fait de tout tems le grand mérite de la fuſibilité du cuivre, c'eſt qu'on ait pû & qu'on ait dû choiſir ce métal, préférablement à tous les autres, pour former ces monumens qui tranſmettent à la poſtérité les événemens mémorables, les portraits des hommes illuſtres, & les productions des grands Maîtres. Les Princes & les curieux poſſédent encore aujourd'hui grand nombre de bas reliefs, & de figures d'airain, qui inſtruiſent les Sçavans, qui forment le goût de nos Artiſtes ; que ſeroient devenus tous ces précieux reſtes de l'Antiquité, ſi le métal dont ils ſont faits, eût été auſſi cher que l'or ou l'argent, auſſi ſujet à la rouille que le fer, auſſi tendre que le plomb & l'étain ? L'injure des tems, ou la cupidité des hommes ne leur euſſent jamais permis de paſſer juſqu'à nous.

L'étain d'abord moulé, & enſuite plané à coups de marteau, fait une vaiſſelle beaucoup moins précieuſe

que celle d'argent, & qui n'a point la fragilité de la fayance ou de la terre cuite; par ces deux raiſons elle convient, on ne peut pas mieux, dans les cuiſines des grandes Maiſons, dans les Hôpitaux, dans les Communautés Religieuſes, & généralement partout où il y a grand nombre de gens à nourrir, & peu de magnificence à obſerver dans le ſervice.

L'étain fondu s'attache au fer, moyennant quelque préparation; c'eſt par cette union que l'on fabrique ces feuilles minces qu'on nomme *Ferblanc*, dont on fait tant de jolis ouvrages, & à ſi bon marché; le fer enduit d'étain ne ſe rouille pas, voilà pourquoi l'Epronnier s'en ſert pour blanchir les mords des brides; & dans pluſieurs endroits on eſt dans l'uſage d'étamer auſſi toutes les ferrures qui ſervent aux portes & aux fenêtres des appartemens.

Sans un pareil enduit d'étain fondu, que l'on met au-dedans des marmites, caſſeroles, & autres uſtenſiles de cuiſine, qui ſont faites de cuivre rouge, on riſqueroit perpétuellement d'être empoiſonné par le vert-de-gris,

XIV. LEÇON.

qui eſt la rouille de ce métal; malgré l'uſage où l'on eſt d'étamer la batterie de cuiſine, il arrive encore bien des accidents par la négligence des domeſtiques qui ne connoiſſent point aſſez le danger d'un étamage uſé ou mal fait, & qui provoquent le vert-de-gris, en laiſſant ſéjourner dans ces vaiſſeaux, des matiéres ſalées & des jus aigres.

Pour combien d'uſages ne fait-on pas fondre le plomb? Coulé en *Tables*, il devient propre à couvrir les faîtes de bâtimens, à former des goutiéres, à revêtir intérieurement des baſſins, ou tout ce qui doit recevoir, garder, ou conduire les eaux. Employé chaud, & lorſqu'il eſt liquide, il ſert à ſceller dans la pierre des piéces de fer, qui doivent ſervir de liens, ou tout autre ouvrage de ſerrurerie, qui a beſoin d'être fixé ſolidement. Fondu & moulé en globules, il eſt plus propre qu'aucune autre matiére, à conſerver la vîteſſe qu'il reçoit de la poudre qui s'enflamme dans une arme à feu; avec cet avantage qu'il tient de ſon poids, il a encore celui de n'être pas bien cher, ce qui met

le plaisir & le profit de la chasse à la portée d'un plus grand nombre de personnes.

COMME il faut plus de chaleur pour faire couler la cire, que pour fondre du beurre ou du suif; aussi chaque métal ne devient-il liquide que par le degré de feu qui lui convient; le fer est le plus difficile à faire couler; le cuivre se fond avec moins de feu, mais il lui en faut davantage qu'à l'argent & à l'or: le plomb céde à une chaleur bien plus foible, & l'étain encore plus aisément fusible, ne soutient pas celle qu'on peut faire prendre à des matiéres grasses, c'est pourquoi les vaisseaux faits ou enduits de ce métal se gâtent, ou périssent bien-tôt entre les mains d'une cuisiniere, qui s'en sert, pour faire roussir du beurre, du lard, de la graisse, &c.

Le feu met en fusion les alliages plutôt que les métaux simples, dont ils sont composés; le sol neuf de notre expérience, par exemple, se fondroit dans un degré de feu, qui ne feroit pas couler séparément l'argent ni le cuivre, dont il est fait. Cela ne doit pourtant pas se prendre pour une ré-

XIV. LEÇON.

gle générale : car le métal blanc, dont on fait les miroirs de Télescope, & tous ceux qui servent aux expériences de Catoptrique, ce métal, dis-je, qui est composé de cuivre rouge, d'étain, & d'arsenic, ou d'antimoine, ne se fond pas aussi aisément que l'étain pur. Il en est de même du métal de timbres ; celui des canons & des cloches résiste à un degré de feu, qui n'est pas fort éloigné de celui qu'il faut pour fondre le cuivre, & qui l'emporte de beaucoup sur la chaleur, qni fait couler l'étain ; ces différences dépendent apparemment des proportions que l'on met entre les métaux, qui composent l'alliage ; le degré de fusibilité tient davantage de celui qu'on y fait entrer en plus grande quantité.

En expliquant les effets de la derniére expérience, j'ai observé que la piéce de monnoie devoit sa prompte fusion à l'embrasement du nitre & au soufre dans lesquels elle se trouve plongée ; ce fait bien entendu peut servir à rendre raison d'une pratique, qui est fort commune dans tous les Arts, où l'on fait usage des soudures fortes : comme il est essentiel que les

piéces, qu'on veut souder, ne soient pas fondues par le degré du feu qu'elles ont à souffrir, les ouvriers employent deux sortes de moyens pour prévenir cet accident; 1°, ils composent leurs soudures avec tels métaux & alliés dans telles proportions qu'elles puissent couler à un degré de chaleur moindre que celui qu'il faudroit, pour fondre les métaux simples qu'ils ont à souder; 2°, ils mêlent les paillétes, ou grains de soudure avec quelque matiére saline, qui en prépare, & en accélère la fusion, en se fondant elle-même; c'est ordinairement du borax pulvérisé, qu'on employe à cet effet; & moyennant ces deux précautions, les deux surfaces qui doivent s'attacher, ne font que s'échauffer, & se dilater autant qu'il faut, pour être enduites, & légérement pénétrées par l'alliage fondu, qui se trouve & qui coule entr'elles.

V. EXPERIENCE.

PREPARATION.

UN support fait en forme de potence, comme le représente la *Fig.* 17.

XIV. LEÇON.

tient, suspendu par deux ficelles, un vase cylindrique de verre très-mince dans lequel on a mis une chopine d'eau bien claire. On y plonge un petit matras de verre aussi bien mince, & afin qu'il ne touche pas le fond, on enfile un peu à force sur le col une rondelle de liége, qu'on fait ensuite reposer sur les bords du vase cylindrique, de sorte que la boule de ce matras plongé, est environnée de toutes parts d'un pouce d'eau à peu près.

A la distance d'un pied au-dessous du vase suspendu, on établit un réchaud plein de charbons bien allumés, & qui ne fassent aucune flamme; & la tige du support, qui est de deux piéces, dont l'une entre dans l'autre autant qu'on le veut, donne la facilité de faire descendre le vase vers le feu, & de l'en approcher de plus en plus, à mesure qu'il s'échauffe.

Tout étant ainsi disposé, voici ce qu'on observe, en se plaçant de maniére que le vase suspendu se trouve entre la lumiére & l'œil.

Effets.

1°, Lorsque l'eau a reçu 35 ou 40 degrés

degrés de chaleur, la ſurface intérieure du vaſe cylindrique, ſur-tout celle du fond, & la ſurface extérieure du matras ſe couvrent d'un grand nombre de petites bulles qui paroiſſent être de l'air; ces bulles groſſiſſent à meſure que l'eau s'échauffe davantage, & quand elles ont acquis un certain volume, elles ſe détachent, & elles montent à la ſuperficie de l'eau. XIV. LEÇON.

2°. A 60 ou 70 degrés de chaleur, on voit s'élever du fond du vaſe cylindrique, une petite vapeur extrêmement fine, & qu'on n'apperçoit qu'avec beaucoup d'attention, & en prenant la lumiére un peu obliquement: cette vapeur reſſemble tout-à-fait à celle qu'on remarque autour des poëles; & lorſqu'elle a quitté le fond du vaſe, d'où elle s'éléve, on la voit ſe diviſer, s'étendre, & ſe répandre dans toute la maſſe de l'eau, qui perd ſa premiére limpidité & devient un peu louche.

3°. Quand la chaleur de l'eau eſt de 80 degrés ou à peu près, toute la maſſe eſt remplie de bulles imperceptibles, qui en troublent la tranſparence, & qui s'élévent rapidement en

XIV. LEÇON.

ligne droite, depuis le fond du vaſe juſqu'à la ſuperficie de la liqueur qu'il contient.

4°. Le feu n'étant plus qu'à un pouce de diſtance, le fond du vaſe ſemble s'entr'ouvrir par pluſieurs petits trous qu'on ne voit cependant pas, mais d'où l'on croit voir ſortir une matiére tranſparente, qui ſe diviſe en pluſieurs jets, qui s'élance comme la flamme avec une extrême rapidité, alors l'eau ſe ſouléve de toutes parts, & il s'y forme de groſſes bulles tranſparentes, qui vont crever à la ſurface.

5°. Rien de tout cela ne paroît dans l'eau du matras, elle ne parvient que fort lentement à un degré de chaleur, qui eſt toujours un peu moindre que celui de l'eau bouillante; & elle ne bout jamais, quoique celle qui l'entoure continue de bouillir pendant plus d'une heure.

VI. EXPERIENCE.

PREPARATION.

JE choiſis un verre de thermométre, dont la boule ait environ un pouce de diamétre & le tuyau un pied de

longueur : je remplis les deux tiers de la boule avec du mercure, & je noue au bout du tube que je laiſſe ouvert, la moitié d'une veſſie de carpe, comme on le peut voir par la *Fig.* 18. je plonge enſuite la boule de cet inſtrument dans un bain de ſable que je chauffe peu à peu, juſqu'à ce qu'il ſoit capable de fondre des petites lames de plomb que j'y enfonce de tems en tems ; alors je la retire du ſable, & je la tranſporte ſur des charbons ardens, dont je la tiens éloignée ſeulement d'un demi-pouce ; quand elle a été chauffée de la ſorte pendant quelques inſtans, & que l'on continue de la tenir au même feu, on remarque ce qui ſuit.

EFFETS.

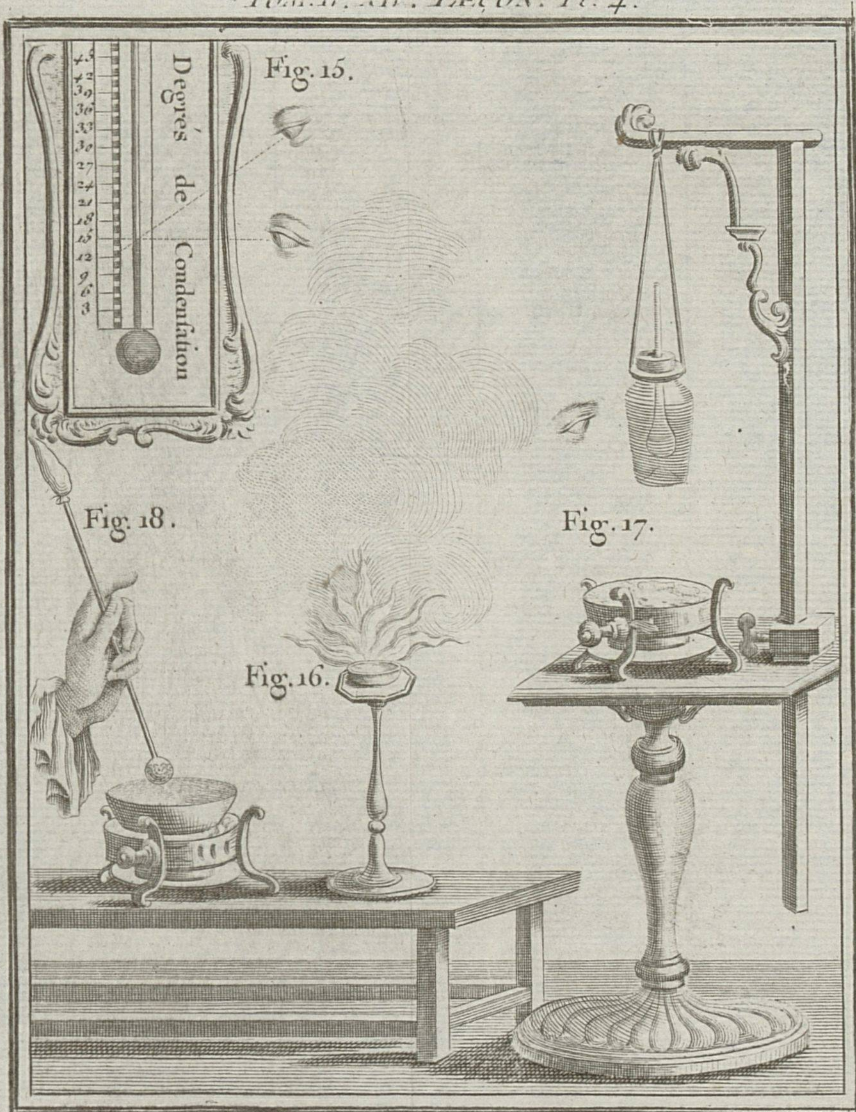
1°. A certains points du fond de la boule de verre, & préciſément aux endroits qui ſont le plus expoſés au feu, on voit le mercure ſe ſoulever, comme s'il étoit pouſſé par des jets continuels & redoublés d'une matiére tranſparente ſans couleur ; & tant que cet effet dure, toute la maſſe bouillonne. 2°. La petite veſſie qui eſt

XIV. LEÇON.

nouée au bout du tube, paroît un peu gonflée pendant tout le tems que le mercure bout ainsi; 3°. mais elle se désenfle, & revient à peu près à son premier état, quand tout est refroidi.

EXPLICATIONS.

LE bouillonnement des liqueurs, & sur-tout celui de l'eau que l'on fait chauffer, est un de ces phénoménes que l'on est tellement accoutumé de voir, qu'il faut être un peu Philosophe, pour oser croire qu'il mérite la peine qu'on s'y arrête; le commun des hommes ne demande raison que des faits qui lui paroissent extraordinaires; or rien ne l'est moins que celui dont il s'agit; sa cause même n'est ignorée de personne, on sçait que c'est le feu qui fait bouillir; mais il y a quelque difficulté à dire comment le feu opére ce soulévement, lorsqu'entre le liquide & lui il y a l'épaisseur d'un vaisseau, dont la matiére est communément plus dense, que celle qu'il contient: est-ce le feu que j'apperçois en globules au milieu de la liqueur bouillante, & qui en interrompt la continuité; ou bien est-ce un autre fluide,


Fig. 15.
Degrés de Condensation
45
42
39
36
33
30
27
24
21
18
15
12
9
6
3
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.

qui se dévelope du sein même de cette liqueur, ou que l'action du feu fait passer du dehors au-dedans par les pores dilatés du vaisseau? Voilà des questions qui se présentent assez naturellement, & sur lesquelles je vais dire ma pensée, en prenant pour guide ce qui paroît être indiqué par les deux expériences précédentes.

Un corps embrasé lance des rayons de feu de toutes parts; il devient comme le centre d'une sphére d'activité, qui a plus ou moins d'intensité & d'étendue, selon la nature & la quantité de la matiére qui brûle. Ainsi le fond du vase cylindrique de la cinquiéme Expérience, suspendu au-dessus des charbons ardens, est exposé à des rayons de feu, qui le pénétrent lui & la masse d'eau dont il est chargé; de-là naît un degré de chaleur très-sensible dans l'un & dans l'autre.

Cette premiére action du feu dilate & fait paroître sous un volume sensible toutes les petites lames d'air qui étoient restées adhérentes aux surfaces tant du vase que du matras; & & lorsqu'en s'aggrandissant de plus en en plus par l'augmentation de la cha-

XIV. LEÇON.

leur, ces bulles ont acquis une légéreté respective, qui peut l'emporter sur la force qui les retient contre le verre, elles s'en détachent & gagnent la superficie de l'eau.

Les pores du verre & ceux de l'eau dilatés par 60 ou 70 degrés de chaleur, reçoivent & transmettent des rayons de feu d'un plus gros volume; & c'est apparemment ce qui forme cette espéce de vapeur, qu'on voit s'élever du fond même du vaisseau, & qui s'apperçoit peut-être moins par elle-même, ou par son ombre, que par quelque modification qu'elle cause à la lumiére dans un milieu, dont elle altére l'homogénéité, & par conséquent la transparence: c'est à peu près ainsi que l'esprit-de-vin le plus pur, quand on le mêle avec de l'eau bien claire, s'y fait voir pendant quelques instans, comme une vapeur divisée par filets, & la rend un peu louche.

Lorsqu'une chaleur plus forte, ou continuée plus long-tems, a dilaté le verre & l'eau encore davantage & d'une maniére plus complette, il est naturel de penser que le feu se criblant, pour ainsi dire, en plus grande

quantité, & en plus grosses parties à travers le fond du vase, dont les pores sont considérablement aggrandis, se trouve en état d'écarter l'eau, & de remplir un espace sensible : cet espace rempli par une matiére très-fluide, qui n'a point de couleur, & qui est beaucoup plus légére que l'eau, doit avoir toutes les apparences d'une bulle d'air, & représenter les mêmes effets qu'elle ; c'est-à-dire, que s'il part du fond du vase un grand nombre de pareilles bulles, extrêmement petites, leur légéreté respective, aidée par l'impulsion des rayons de feu, dont elles font partie, les éléve rapidement à travers la masse de l'eau, qu'elles rendent trouble & dont elles augmentent un peu le volume.

La transparence diminue, parce que ces petites bulles d'une matiére extrêmement rare composent avec l'eau un milieu, dont la densité n'est plus uniforme à beaucoup près ; & nous ferons voir ailleurs qu'en pareil cas la lumiére ne se transmet point aussi facilement, ni d'une maniére aussi complette, que lorsqu'elle a à pénétrer des corps diaphanes dont les parties sont homogénes.

XIV. LEÇON.

L'augmentation du volume de l'eau eſt une eſpéce de ſoulévement cauſé par ces bulles de matiére étrangére aſſez petites encore, pour ſe faire jour, & paſſer aiſément dans la maſſe, mais trop groſſes pour ſe loger dans les pores, qui d'ailleurs doivent être cenſés pleins d'une pareille matiére. Si ces mêmes bulles ſe ſuivent encore de plus près, qu'elles forment des jets continuels, & qu'elles entrent plus groſſes par certains pores du verre, comme on le voit réellement, dès que la chaleur eſt parvenue à un degré convenable; on conçoit bien que les ſoulévemens de la liqueur doivent être plus fréquens, plus grands, & que la tranſparence ne peut-être alors que très-imparfaite; & en effet voilà l'état d'une maſſe d'eau que l'on fait bouillir.

J'ai dit plus haut, que ces eſpaces tranſparens qui interrompent la maſſe du liquide, & qui font le bouillonnement, avoient toute l'apparence de bulles d'air; j'ajoute ici qu'elles n'en ont pas la réalité: une liqueur que l'on tient au feu, bout juſqu'à la derniére goutte, juſqu'à ce qu'elle ſoit entiérement évaporée; eſt-il probable

qu'elle renferme aſſez d'air pour fournir à toutes ces ampoules qu'on voit naître & s'enfler pendant tout le tems de ſon ébullition ? XIV. LEÇON.

En vain me diroit-on qu'une très-petite quantité d'air extrêmement dilaté peut ſuffire à cet effet : l'expérience nous apprend que ce fluide ſous le poids de l'Atmoſphére ne ſe dilate que d'un tiers de ſon volume par la chaleur de l'eau bouillante. S'il étoit poſſible de meſurer toutes les bulles qui viennent ſe diſſiper à la ſuperficie d'une pinte d'eau que l'on fait bouillir juſqu'à ſiccité, & qu'on les additionnât pour en avoir le volume total, quand bien même on rabattroit un tiers de la ſomme, on ſe perſuadera ſans peine, que le reſte repréſenteroit encore une quantité beaucoup au-deſſus de celle de l'air qu'on peut raiſonnablement attribuer à l'eau (*a*).

La ſixiéme Expérience, en nous montrant que les liquides mêmes les

(*a*) Par les Expériences de M. Halles, il paroît que l'air contenu dans l'eau, égale à peine la cinquante-quatriéme partie du volume, *Stat. des Veget. ch. 6. p.* 156. & par les miennes, il m'a paru qu'on pouvoit l'évaluer à $\frac{1}{3}$. *Mém. de l'Acad. des Sc.* 1743. *p.* 215.

XIV. LEÇON.

plus pesans sont susceptibles d'ébullition, nous fait voir aussi que ce qui les met en cet état, n'est point de l'air qui se dégage de leur intérieur : outre que l'œil peut suivre ces bulles transparentes depuis le fond du vase où l'on voit qu'elles prennent naissance, jusqu'à la superficie de la liqueur où elles se dissipent, il est évident qu'elles ne sont formées par aucun fluide capable, comme l'air, de remplir une vessie; puisque celle de carpe qui est liée au bout du tube, ne paroît point du tout gonflée après l'opération, & qu'elle ne l'est même dans le tems qu'on chauffe l'instrument, qu'autant qu'il convient qu'elle le soit par la dilatation du peu d'air contenu au-dessus du mercure dans la boule & dans le tube.

M. Muschenbroek a si bien senti la difficulté, ou plutôt l'impossibilité d'expliquer l'ébullition des liqueurs par la dilatation de l'air qu'elles renferment, qu'il a pris le parti d'attribuer cet effet à *un fluide élastique*, qui est répandu dans l'Atmosphére terrestre, & qui passe de-là dans tout les autres corps, mais qui n'est point de l'air (grossier,) quoi-

XIV. LEÇON.

qu'il lui ressemble, dit-il, à bien des égards, * Je n'ai garde de contester l'existence de ce fluide, qui nous est indiqué par tant de maniéres différentes, & que j'ai admis moi-même sous le nom d'air subtile.* Mais s'il faut autre chose pour faire bouillonner une liqueur, que la matiére du feu qu'on voit assez clairement passer par les pores du vaisseau; comme je vois une infinité de bouillons partir du même point de la surface solide, & que ces bouillons naissent toujours par l'endroit le plus exposé au feu, je ne puis sans peine les attribuer à des portions de ce fluide élastique, qu'on suppose repandu dans la masse, & qui n'attend, pour se dilater, qu'un certain degré de chaleur.

* *Essai de Phys.* t. I. p. 436.

* Tom 2. pag. 457. & *seq.*

J'aimerois mieux croire que le vaisseau recevant par l'endroit qui touche le feu, plus de chaleur que n'en peut soûtenir de l'eau, par exemple, tant qu'elle est en état de liqueur, la premiére couche, qui est appliquée à cette partie trop chaude du vase, se convertit en vapeur, & que plusieurs portions semblables de vapeur dilatée par l'abondance du feu qui pénétre le vase,

XIV. Leçon.

ſoulévent bruſquement la maſſe qui les environne de toutes parts, & gagnent par leur légéreté la ſuperficie où elles ſe diſſipent : quand il tombe une goutte d'eau ſur un fer chaud, dans l'eſpace de quelques inſtans fort courts, elle eſt évaporée ; mais avant que de l'être, elle forme pluſieurs petits bouillons qui crévent dans le moment même qu'ils paroiſſent : creveroient-ils de même, s'ils étoient appuyés par une maſſe fluide plus denſe que l'air, & preſque auſſi chaude qu'eux-mêmes ? Je ne le crois pas : j'imagine plutôt, que cédant au feu qui les pouſſeroit, & qui les auroit enflées, ces petites bouffées de vapeur s'enfonceroient dans le liquide, dont elles ſeroient couvertes, qu'elles en feroient voir la continuité interrompue, & qu'étant beaucoup plus légéres que lui, elles iroient promptement ſe diſſiper à ſa ſuperficie. Or la partie d'un vaiſſeau la plus expoſée au feu, peut être comparée au fer chaud, dont je parle, & la couche de liqueur qui s'y trouve appliquée à chaque inſtant, peut éprouver le même ſort que la goutte d'eau qui s'évapore.

Si l'on ne voit pas bouillir l'eau du petit matras plongé dans le vaſe cylindrique de la cinquiéme Expérience : c'eſt apparemment parce que les rayons de feu diviſés & amortis, pour ainſi dire, en traverſant l'eau, qui eſt entre le fond du vaiſſeau & le matras, ne font que tranſpirer à travers l'épaiſſeur de celui-ci ; & n'ont pas la force de ſoulever & de faire bouillonner la portion d'eau qu'il contient. Ajoutez à cette raiſon, que ce petit vaiſſeau plongé ne pouvant jamais recevoir que le degré de chaleur de l'eau bouillante, n'a pas tout-à-fait celui qu'il faut, pour convertir en vapeur dilatée aucune partie de celle qu'il renferme, comme il eſt très-probable que cela arrive à l'égard du vaſe cylindrique expoſé immédiatement au feu.

On m'objectera peut-être que ſi le matras plongé dans l'eau bouillante contenoit au lieu d'eau, de l'eſprit-de-vin, cette derniére liqueur ne manqueroit pas de bouillir : ce qui ſemble prouver que les rayons de feu, en traverſant l'eau qui bout, ne s'amortiſſent pas, comme je le ſuppoſe ; puiſqu'ils pénétrent encore le ſecond vaiſ-

XIV. LEÇON.

ſeau avec toute la force qu'il faut, pour exciter l'ébullition.

L'ébullition de l'eſprit-de-vin ; oui: mais non celle de l'eau ; à moins que cette eau, par quelque cauſe que ce puiſſe être, ne ſoit plus facile à ſoulever & à convertir en vapeur, que celle dans laquelle elle eſt plongée.

On a dû voir par les deux derniéres Expériences, que toutes les liqueurs ne bouillent point au même degré de chaleur. Comme il en faut moins pour l'eau que pour le mercure, auſſi en faut-il moins pour l'eſprit-de-vin que pour l'eau; ainſi la chaleur de l'eau qui bout, quoiqu'un peu moindre que celle qui enfle ſes bouillons, peut ſuffire pour faire naître dans une liqueur plus légére, ou plus évaporable, de ces petites bouffées de vapeur qui ſoulévent la maſſe, & qui font ce qu'on nomme bouillonnement. Dans une expérience de la douziéme Leçon l'on a vû bouillir de l'eau par la chaleur d'un bain d'eau non bouillante : c'eſt que ce degré de chaleur trop foible, pour exciter des bouillons dans une maſſe d'eau chargée du poids de l'Atmoſphére, ſuffiſoit, pour en faire naître, dans une

autre masse, de pareille eau, sur laquelle la pression de l'air étoit nulle, ou à peu près.

Je ne dissimulerai pas cependant qu'en répétant cette expérience, j'ai souvent remarqué que les bouillonnemens recommençoient à chaque coup de piston, quoique le vaisseau, qui contenoit l'eau cessât d'être plongé dans son bain.

Il n'est guères possible d'attribuer ce dernier effet aux rayons de feu qui pénétrent le vaisseau du-dehors au-dedans, & qui soulévent les liqueurs: mais pourvu que cette liqueur soit soulevée par un fluide transparent & sans couleur, qui cause des interruptions dans le volume, & qui s'éléve précipitamment à la superficie; il n'importe quel soit ce fluide, la liqueur bouillira, ou paroîtra bouillir; or je sçais, à n'en pouvoir douter, que quand je fais le vuide dans un vaisseau, il y rentre à chaque coup de piston, une matiére subtile que je crois être de la nature de l'air; je lui vois soulever dans une infinité d'endroits la couche d'eau que je laisse exprès sur la platine de la machine pneumatique, & je pré-

XIV. LEÇON.

ſume de-là, que dans le cas dont il s'agit, cette même matiére paſſe en plus grande abondance, & plus rapidement à travers les pores du matras qui contient l'eau, d'autant plus que ces pores ſont dilatés par la chaleur du bain; en paſſant ainſi, elle ſupplée aux rayons de feu qui ne ſubſiſtent plus.

APPLICATIONS.

DE tout ce qui vient d'être dit, on peut tirer trois conſéquences. 1°. Que l'ébullition eſt le dernier terme de la liquidité; c'eſt-à-dire, qu'un corps fuſible ſe liquefie par degrés, juſqu'à ce qu'il bouille; puiſqu'il ne parvient à cet état, qu'autant que la matiére du feu le pénétre, & le diviſe de plus en plus.

2°. Que les matiéres fondues ou liquefiées par l'action du feu, continuent de s'échauffer, juſqu'à ce qu'elles bouillent, & qu'au-delà de ce terme leur chaleur n'augmente plus.

3°. Que l'ébullition n'eſt pas toujours l'effet du feu, mais en général celui d'un fluide quelconque, qui s'inſinue & ſe peletonne, pour ainſi dire, dans une liqueur, qui la ſouléve bruſquement

quement, & qui en fait voir la continuité interrompue.

La cire, la graiſſe des animaux, les gommes, les réſines amollies par un feu lent, nous laiſſent appercevoir pluſieurs degrés de liquidité, par leſquels elles paſſent, avant que d'arriver au dernier; & dans chaque art où l'on employe ces matiéres, l'ouvrier eſt attentif à ſaiſir celui qui convient le mieux à ſes vûes: le Chandelier, par exemple, ſe garde bien de plonger ſes méches dans du ſuif trop chaud; celui qui fabrique les cierges, ne verſe ſur les ſiennes que de la cire à peine fondue; & avec ces attentions l'un & l'autre viennent à bout d'appliquer en peu de tems couche ſur couche, ce qui ne ſe feroit pas, ſi la matiére étoit trop liquide. On doit chauffer avec ménagement les maſtics qui ſont compoſés de cire, de poix, de réſine, &c. mêlées avec quelque poudre peſante, comme la cendre, ou le ciment; parce que, quand on pouſſe la fuſion trop loin, la partie graſſe devient ſi liquide, que la matiére peſante qu'on y a mêlée, pour donner de la dureté & de la conſiſtance, s'en

XIV. Leçon.

ſépare, & tombe au fond du vaiſſeau.

Le beurre & les graiſſes que l'on fait fondre dans les cuiſines, bouillent ordinairement aſſez vîte, & avec beaucoup de bruit; parce que ces matiéres ſe trouvent preſque toujours mêlées avec des parties d'eau, ou avec quelque jus d'herbes; dès qu'elles ont atteint un certain degré de chaleur (qui ne les feroit pas bouillir cependant, ſi elles étoient pures;) l'humidité qu'elles couvrent, ou qu'elles renferment, ſe convertit en vapeur dilatée, & forme une infinité de véſicules qui crévent avec éclat.

Il y a des matiéres qui paſſent tout d'un coup de la conſiſtance de ſolide, à une liquidité, qui paroît auſſi complette qu'elle puiſſe l'être, quoiqu'il y ait encore loin de cet état à l'ébullition: telle eſt l'eau, par exemple, qui dans le moment qu'elle ceſſe d'être de la glace, eſt ſenſiblement auſſi fluide, qu'elle paroît l'être, quand elle commence à bouillir: ces deux termes comprennent cependant 80 degrés entre eux; tels ſont auſſi la plûpart des métaux qui coulent auſſi-bien dans les premiers inſtans de leur fuſion, qu'a-

près avoir souffert un plus grand feu. Il est probable néanmoins que ces matiéres, comme toutes les autres, se liquefient de plus en plus jusqu'à un certain point, que leurs molécules se divisent & se subdivisent à mesure que le feu les pénétre; mais apparemment que leurs parties, lorsquelles commencent à se désunir, sont déja si petites, que chacune d'elles échappe à nos sens; au lieu que dans la cire, dans les résines, dans les gommes, &c. que l'on fait fondre, la désunion se fait de loin en loin, & nous laisse appercevoir les portions de matiére qui changent de position respectivement les unes aux autres.

Il paroît qu'après l'ébullition commencée la chaleur ne fait plus de progrès, non-seulement dans l'eau, comme nous l'avons déja remarqué en plusieurs endroits, mais généralement dans tous les corps qui peuvent se liquefier: ainsi quand on est parvenu à faire bouillir de l'huile, de la cire, du soufre, du mercure, &c. en les chauffant on a fait prendre au liquide toute la chaleur dont il est susceptible, les circonstances restant les mêmes. On

XIV. LEÇON.

ne doit pas confondre à cet égard l'ébullition avec la ſimple liquefaction, comme je vois qu'on a fait dans quelques ouvrages modernes, ni dire ſpécialement que les métaux ne s'échauffent plus après la fuſion: il n'y a point de Fondeur qui ne ſçache le contraire, & qui ne ſe repente de tems en tems d'avoir coulé ſa matiére trop ou trop peu chaude: la beauté des miroirs qu'on fait ſervir aux téleſcopes, dépend moins de la compoſition du métal, (qui n'eſt plus un ſecret,) que du degré de chaleur dans lequel il faut ſaiſir la matiére en fuſion, pour la jetter dans le moule: enfin quelle différence n'y a-t-il pas, par rapport au degré de chaud, entre l'eau qui ceſſe d'être de la glace & celle qui commence à bouillir?

On ne voit pas communément que l'action du feu faſſe bouillonner les métaux fondus dans le creuſet: & ce n'eſt pas leur peſanteur ſeule qui met obſtacle à cet effet, comme on le pourroit croire, puiſque le mercure, qui ne le céde qu'à l'or pour le poids, bout autant que les autres liquides, lorſqu'il eſt chauffé ſuffiſamment. Mais s'il

eſt vrai, comme il y a toute apparence, que l'ébullition d'une liqueur chauffée ſoit cauſée par des petites portions de la maſſe que le feu convertit en vapeur, & qu'il dilate ſubitement en forme de groſſes bulles, il eſt tout ſimple que la ſeule action du feu ne cauſe dans le métal fondu aucun ſoulévement de cette eſpéce; car on ſçait que les métaux ne s'évaporent qu'en ſe décompoſant, & que ces altérations, quand elles arrivent, commencent par la ſuperficie: l'étain ſe calcine, le plomb devient litarge, le cuivre & le fer ſe couvrent de ſcories: tout cela ſe fait à la vérité par l'évaporation des ſoufres & des parties graſſes, mais la vapeur qui en réſulte, ne part point du fond du vaiſſeau, comme il faudroit qu'elle en vînt, pour ſoulever la maſſe & cauſer des bouillonnemens.

Ce qui prouve bien que le métal en fuſion eſt auſſi propre à bouillir que tout autre liquide, pourvu que le feu, en le pénétrant, y trouve quelque matiére, qui puiſſe devenir vapeur, & s'enfler, c'eſt qu'il n'y en a aucun qui ne bouille fortement, lorqu'on y plon-

XIV. Leçon.

ge un corps capable de s'y brûler & de fumer, un morceau de bois, par exemple, ou quand on le verse dans un moule qui contient quelque humidité: si la vapeur est abondante, ou dilatée par un grand degré de chaleur, comme il peut arriver, quand c'est du cuivre ou du fer que l'on coule, ces bouillonnemens sont plus que sensibles, ils sont dangereux, car ils peuvent faire jaillir au loin la matiére ardente qui les envelope.

L'ébullition d'un fluide qui s'échauffe, n'est pas toujours causée par le feu qui passe du dehors au-dedans; c'est quelquefois par une chaleur intestine, par une fermentation, que certaines parties se dilatent subitement & plus fortement que les autres, qu'elles deviennent des globules de vapeur, & qu'elles s'enflent: alors la masse est soulevée & interrompue par des bouillons, comme si cet effet venoit du fond & des parois d'un vaisseau exposé au feu; c'est ainsi que le vin nouveau bout dans la cuve; c'est ainsi qu'on voit bouillir l'eau dans laquelle on fait éteindre de la chaux.

Enfin une matiére fondue par l'ac-

tion du feu, & qui bout pendant un certain tems, perd sensiblement de sa masse, ou s'évanouit totalement, c'est le dernier effet qui nous reste à examiner.

VII. EXPERIENCE.

Preparation.

Il faut bien broyer & mêler ensemble trois gros de salpêtre fin, bien séché, deux gros de sel de tartre, & pareil poids de fleur de soufre; le tout sera mis dans une cuillier de fer que l'on posera sur des charbons médiocrement allumés. *Voyez la Fig. 19.*

Effets.

A mesure que ce mêlange s'échauffe, on le voit se roussir, & ensuite se noircir par les bords; il devient liquide, & il fume un peu; on apperçoit quelques petites flammes bleues à la superficie: & un instant après il se dissipe subitement & totalement avec un bruit effroyable.

Explication.

Les changemens de couleur, la vapeur, & la petite flamme qu'on ap-

XIV. LEÇON.

perçoit à la ſuperficie du mêlange, tandis qu'il continue de s'échauffer, viennent principalement du ſoufre qui ſe fond, & qui brûle plus aiſément que le ſalpêtre & le ſel de tartre. Le ſoufre fondu aide & accélére la fuſion des deux autres matiéres, qui s'en iroient auſſi en vapeurs & en flamme, à meſure qu'elles ſe fondroient, ſi elles n'étoient pas plus fixes que lui. Mais comme elles ne doivent céder qu'à un degré de chaleur beaucoup plus grand, & que l'exploſion des parties de feu renfermées dans les corps, eſt toujours d'autant plus forte qu'elle a été retardée davantage, comme nous l'avons déja obſervé; ces trois matiéres fondues, intimement mêlées & chauffées au-delà de ce qu'elles peuvent l'être, ſans ſe diſſiper, s'enflamment & s'évaporent toutes à la fois, & avec une extrême violence; l'air frappé ſubitement par un grand volume de flamme & de vapeur, retentit à proportion de la ſecouſſe qu'il reçoit.

Il y a bien de l'apparence que le ſel de tartre, qui entre dans la compoſition de cette poudre *fulminante*, eſt la principale cauſe de ſon impétueuſe inflammation:

flammation : étant plus fixe que les deux autres matiéres auxquelles il se trouve uni, c'est lui probablement qui retarde leur dissipation, & qui donne le tems aux parties de feu qu'elles renferment de se déployer toutes ensemble, & avec toute leur force. Ce qui rend cette conjecture très-probable, c'est que le fer & l'or deviennent aussi *fulminants*, lorsqu'ayant été dissous par l'eau régale, & précipités en poudre fine par une forte lessive de sel de Tartre, on les expose au feu dans une cuillier, sur une pelle de fer, ou simplement sur le bout d'une lame de couteau.

Quand on fait ces sortes d'expériences, il faut se tenir un peu à l'écart, de peur que la vapeur enflammée, ou quelque partie de la matiére encore en grumeaux, ne jaillisse au visage, ou dans les yeux, ce qui seroit d'une dangereuse conséquence : on doit aussi prendre garde que le feu ne soit pas trop ardent; car ce qui touche le fond de la cuillier se trouvant trop tôt fondu, & assez chaud pour partir, il n'y auroit que cette portion qui feroit effet, le reste seroit

ſimplement chaſſé, ſans fulminer.

XIV. Leçon.

Applications.

On peut regarder comme une régle générale que toute matiére, de quelque nature qu'elle ſoit, peut faire des exploſions violentes & fulminer, ſi elle eſt capable de ſe convertir ſubitement & totalement en vapeur ou en flamme, ou bien ſi elle eſt contenue de maniére que ſes parties expoſées à l'action du feu, ne puiſſent céder que toutes enſemble : il m'eſt arrivé quelquefois de lâcher un peu trop tôt la vis qui retient le couvercle de la marmite de Papin, dont j'ai parlé dans la douziéme Leçon : * l'eau qui y étoit renfermée, & qui avoit encore aſſez de chaleur pour s'évaporer en totalité, eſt ſortie alors comme un ſouffle impétueux qui ne dura pas plus qu'un éclair, & qui eût ſans doute jetté fort loin le couvercle, s'il eût été entiérement libre. De pareils effets ont fait dire à d'habiles Phyſiciens, que par le moyen de la vapeur de l'eau fortement dilatée, on feroit ſauter les murs d'une ville, comme on le fait avec la poudre à canon, ſi cette dila-

* Tom. 4. pag. 40.

tation pouvoit ſe faire auſſi promptement, & avec autant de facilité que celle du ſoufre & du ſalpêtre.

XIV. LEÇON.

Ces deux derniéres matiéres mêlées, & long-tems broyées avec de l'eau & du charbon de bois, ſe réduiſent en une eſpéce de pâte, dont on forme des petits grains en les faiſant paſſer par des eſpéces de cribles : ces petits grains bien ſéchés ſont ce qu'on appelle *poudre à tirer*, ou *poudre à canon*; invention précieuſe & utile, ſi nous n'en abuſions pas, & qui feroit trop d'honneur à l'eſprit humain, s'il y avoit été conduit, non par le hazard, comme il y a tout lieu de le penſer, mais par des recherches raiſonnées. L'Auteur, le lieu & le tems de cette belle découverte ne ſont pas bien connus; cependant on convient aſſez communément, que l'uſage des armes à feu n'eſt pas plus ancien en Europe que le commencement, ou même le milieu du quatorziéme ſiécle(*a*).

La plûpart des Phyſiciens qui ont parlé de l'exploſion de la poudre, ont

(*a*) Quand les Européens ont commencé à commercer avec les Chinois, ils y ont trouvé l'uſage de la poudre établi.

XIV. LEÇON.

attribué ce merveilleux effet uniquement à l'air qui s'y trouve comme incorporé par l'action des pilons, & à celui qui remplit les petits espaces que les grains rassemblés comprennent entr'eux. « Cet air, disent-ils, extrêmement & subitement dilaté par l'action du feu violent qui agit de toutes parts sur lui, s'étend avec une incroyable vîtesse, & chasse devant lui tout ce qui lui fait obstacle. »

Ces raisons doivent entrer sans doute dans l'explication des effets de la poudre enflammée ; & je n'ai garde de les contester ; mais je ne les crois pas suffisantes, je pense qu'il faut y en ajouter quelqu'autre. Une charge de poudre qui s'enflamme feroit-elle fondre du verre ? C'est bien tout au plus ; mais le degré de chaleur qu'il faut pour cela, ne peut dilater l'air que des deux tiers de son volume ; celui qui sort d'une arquebuse à vent, & qui s'étend bien davantage, ne chasse pourtant point une balle de plomb à beaucoup près avec autant de force qu'en a cette même balle quand elle sort d'un fusil ordinaire,

Je sçais bien que M. Bernoulli, cité par M. Varignon *, ayant mis le feu avec un verre ardent à quatre grains de poudre, renfermés dans un long tuyau de verre scellé par en haut, ouvert & plongé par en bas dans un vase plein d'eau, jugea par l'abaissement de l'eau dans le tuyau, que cette poudre brûlée avoit rendu un volume d'air égal à 200 de ces grains qu'il avoit enflammés; & je conviens que cette induction, s'il n'y a rien à en rabattre, donne beaucoup de force à l'opinon de ceux qui attribuent à l'air seul les grands effets de la poudre. Mais comment accorder cette expérience avec celles de M. Halles *, d'où il conclut avec toutes les apparences de vérité, que les matiéres sulfureuses que l'on brûle *absorbent de l'air, bien loin d'en engendrer*, pour me servir des expressions de ce célébre Auteur? N'est-on pas tenté de croire que dans le tube de M. Bernoulli, il reste après l'inflammation quelque vapeur qui augmente un peu le volume de l'air, avec lequel elle se mêle, & qui fait baisser la surface de l'eau?

XIV. LEÇON.

* *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1696. tom. 2. pag. 274.

* *Stat. des Véget.* c. 6.

Quoi qu'il en soit, une des princi-

XIV. LEÇON.

pales cauſes des effets de la poudre, à mon avis, c'eſt ſa prompte converſion en vapeur, & la dilatation de cette même vapeur, par l'embraſement; plus ce changement d'état eſt prompt & complet, plus l'exploſion eſt forte : le mêlange que nous avons vu fulminer dans la derniere expérience, feroit probablement autant d'effort que la poudre, ſi dans le moment qu'il éclate il ſe trouvoit renfermé comme elle au fond d'un canon de métal ; & la poudre feroit en plein air autant de bruit que cette compoſition, ſi ſon inflammation étoit inſtantanée & générale comme la ſienne : mais il eſt viſible que les grains ne s'allument que ſucceſſivement, & par-là leur effort eſt partagé. Dans une arme à feu, où la poudre eſt retenue entre la culaſſe & la bourre, il s'en allume davantage dans un tems fort court ; auſſi éclate-elle avec plus de force & avec plus de bruit. Comme il faut à la poudre un peu plus de tems pour ſortir d'un long tuyau que d'un plus court, il s'en enflamme davantage, (toutes choſes égales d'ailleurs) dans une piéce de canon que

dans un mortier, dans un fuſil que dans un piſtolet ; auſſi la même meſure de poudre a-t-elle plus ou moins d'effet, tant pour la force, que pour le bruit, ſelon la longueur de l'arme qui en eſt chargée. XIV. LEÇON.

Puiſque l'inflammation de la poudre eſt plus complète, quand ſa ſortie eſt retardée, il eſt facile de comprendre pourquoi un coup de mouſquet fait plus de bruit, & cauſe plus de recul, quand la charge a été exceſſivement bourrée, ou qu'une balle de calibre a été forcée dans le canon à coups de baguette ; car il s'enflamme alors une plus grande quantité de poudre, ainſi l'exploſion doit être plus grande ; & comme l'effort de cette matiére enflammée ſe partage entre la bourre & la culaſſe, celle-ci doit en ſoutenir d'autant plus que l'autre céde moins promptement.

Il s'enflamme encore une plus grande quantité de poudre lorſque la lumiére du canon eſt percée, de façon qu'elle porte le feu à la partie antérieure de la charge ; mais les armes alors ont trop de recul, & ſont incommodes dans l'uſage ; on aime mieux

XIV. LEÇON.

que le coup ſoit un peu moins fort, & pour cet effet, on perce la lumiére des fuſils de chaſſe, à peu près au milieu de l'endroit où ſe loge la poudre.

Mais de quelque maniére que l'on charge une piéce de canon ou un fuſil, il y a toujours une partie aſſez conſidérable de la poudre qui ne prend point feu, & qui eſt chaſſée dehors par celle qui s'enflamme : ce qui le prouve bien, c'eſt qu'on en ramaſſe par terre devant les batteries qui ont tiré un certain tems, & que les grains ſe retrouvent entiers dans la peau des perſonnes qui ont reçu de fort près des coup de feu dans le viſage. Cependant on auroit tort de conclure de-là, qu'il ne peut s'enflammer qu'une certaine quantité de poudre dans une arme, & que ce qu'on y auroit mis de trop en ſortiroit ſans effet : cette conſéquence qui ſeroit très-dangereuſe dans la pratique, eſt ſouvent démentie par des fuſils qui crévent pour avoir été trop chargés ; & l'on eſt dans l'uſage d'éprouver les canons en y mettant double charge, ce qui ſuppoſe, comme il eſt vrai, que d'une plus grande quan-

tité de poudre il s'en enflamme davantage. Ce ſeroit auſſi une économie mal entendue, que de meſurer la poudre qui entre dans une piéce d'artillerie, ſur l'eſtimation de la quantité qui s'enflamme ordinairement; car jamais tout ne prend feu, d'où il ſuit que le coup ſera trop foible, ſi la charge ne contient que ce qu'il faudroit ſi elle s'enflammoit totalement.

VIII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Choiſiſſez une chandelle de ſuif de 7 à 8 lignes de diamétre, & qui ait déja été allumée. Meſurez-en la longueur, & après l'avoir allumée de nouveau, la méche étant mouchée, examinez-en la flamme dans un lieu où l'air ſoit bien tranquille pendant la nuit, où les fenêtres de la chambre étant fermées, vous obſerverez ce qui ſuit.

EFFETS.

1°. Le haut de la chandelle ſe creuſe un peu, & prend la forme d'un petit godet, dont la ſurface intérieure pa-

XIV. LEÇON.

roît couverte d'une couche légére de suif fondu.

2°. Du milieu de cette cavité s'éléve la méche où l'on distingue deux parties, dont une blanche, & une noire : l'une & l'autre sont baignées de suif fondu, mais dans la derniére qui est la plus haute, on remarque plusieurs petits bouillonnemens, surtout à l'extrêmité.

3°. La partie noire de la méche est enveloppée d'une flamme qui s'éléve d'un pouce ou environ au-dessus, & qui prend la forme d'une pyramide à peu près conique, dont la base seroit posée sur celle d'un hémisphére.

4°. Cet hémisphére de flamme, qu'il faut considérer comme étant enfilé par la méche, a la couleur d'un bleu violet : la partie qui est immédiatement au-dessus, est d'un blanc un peu roux, & celle qui la suit jusqu'à la pointe est très-claire & très-brillante.

5°. Mais indépendamment de ces trois parties qu'on peut appeller le corps de la flamme, l'œil attentif apperçoit encore tout autour une petite vapeur enflammée, tantôt plus, tan-

tôt moins étendue, & qui ternit un peu le ſommet de la pyramide.

6°. Quand la chandelle a brûlé ainſi pendant un quart-d'heure, ou davantage, on trouve que ſa longueur eſt ſenſiblement diminuée. La partie noire de la méche devient plus longue, & la flamme moins lumineuſe.

EXPLICATIONS.

On me reprocheroit peut-être d'avoir traité ſçavamment des minuties, ſi l'on ne vouloit conſidérer dans les faits dont je viens de faire mention, que le peu de néceſſité qu'il y a de les faire connoître, ou même le peu d'importance dont ils ſont en eux-mêmes; mais ces eſpéces de phénoménes, qui n'en ſont pas aux yeux du vulgaire accoutumé à les voir, méritent bien l'attention de ceux qui cherchent à ſe rendre raiſon de tous les effets naturels, rares ou communs, dont la cauſe eſt obſcure. Et ſi, pour entrer dans cet examen, je me ſuis fixé à l'exemple familier d'une chandelle qui brûle, la moindre réflexion fera voir, qu'en expliquant l'inflammation & la diſſipation d'un peu de cot-

XIV. LEÇON.

ton pénétré de ſuif, je mets mon Lecteur à portée d'entendre celle de toutes les matiéres combuſtibles qui diſparoiſſent à nos yeux après avoir ſervi d'aliment au feu.

Lorſqu'on a mis le feu aux fils de cotton qui ſervent de méche à la chandelle, la chaleur qui en réſulte fait fondre les premieres couches de ſuif & les convertit en une liqueur qui ſe porte, par deux raiſons, vers la flamme qui eſt au-deſſus ; premiérement, parce que les fils de cotton aſſemblés & un peu torts, font l'office de tuyaux capillaires ou d'éponge; ſecondement, l'air étant fort raréfié par le feu dans la partie ſupérieure de la méche, la preſſion de celui qui péſe au-deſſous peut bien faire monter ce qui s'y trouve de liquide.

L'extrémité de la chandelle étant un cercle de matiére fuſible, & la chaleur qui régne dans la méche allumée étant plus près du centre que de la circonférence, il ſe fait une eſpéce d'excavation, au fond de laquelle ſe raſſemble le ſuif à meſure qu'il ſe fond.

Du ſuif ſimplement fondu eſt en-

core bien loin du degré de chaleur qu'il lui faut pour bouillir & s'enflammer; il ne peut l'acquérir que quand il eſt ſuffiſamment éloigné de la chandelle qui eſt froide; & voilà pourquoi il y a toujours une partie de la méche qui reſte blanche, qui ne s'allume pas, quoiqu'elle ſoit pleine de matiére combuſtible.

Le ſuif ayant acquis une chaleur ſuffiſante, bout enfin dans la partie ſupérieure de la méche; & comme le bouillonnement des liqueurs touche de fort près à leur évaporation, cette matiére ſe convertit en vapeur & ſe diſſipe: c'eſt pourquoi après un certain tems la chandelle paroît ſenſiblement diminuée, & de poids & de longueur.

Quand des parties graſſes ſont ainſi diviſées & réduites en vapeur, il ne leur manque plus qu'un petit degré de feu pour s'enflammer, comme on le peut voir en approchant une chandelle allumée d'une autre chandelle qu'on vient d'éteindre, *Fig*. 20. Quant à l'inflammation qui continue de faire briller la vapeur, je crois qu'elle vient du feu qui ſe développe des parties

XIV. LEÇON.

mêmes de la matiére évaporée, & qui éclate avec d'autant plus de force qu'il a eu besoin d'être excité plus fortement pour en sortir.

Si tout ce qui compose une chandelle & sa méche étoit également combustible, & que toutes les parties qui s'exhalent en vapeurs fussent au degré de chaleur qu'il faut pour les embraser, la flamme seroit toute d'une même couleur, elle seroit également brillante dans toutes ses parties: mais les matiéres les plus inflammables sont toujours mêlées de quelqu'autre substance qui ne l'est point, ou qui l'est moins. Le suif & la méche que l'on fait brûler, par exemple, outre la partie purement combustible qui fournit, une flamme brillante & pure, contiennent des particules aqueuses, & d'autres encore plus grossiéres qui ne peuvent produire de la fumée ou du charbon; delà viennent la noirceur de la méche, cette couleur rousse qu'on remarque à la pointe de la flamme, & un peu au-dessous du milieu. Ces fulginosités peuvent encore légitimement s'attribuer aux parties grasses

mêmes qui ſurabondent dans la flamme, & qui n'y font que paſſer ſans s'y allumer, ſoit parce qu'elles n'ont point acquis un degré ſuffiſant de chaleur, ſoit parce qu'elles ne ſont pas atténuées au point où elles doivent l'être pour prendre feu.

Quant à la couleur bleue ou violette que prend la flamme de la chandelle dans ſa partie la plus baſſe, on peut l'attribuer au ſoufre qui ſe conſume, ſoit que ce ſoufre ſe trouve naturellement dans le ſuif & dans le cotton, ſoit qu'il s'y compoſe par l'union de quelque acide avec la partie graſſe.

La flamme d'une chandelle eſt donc un fluide embraſé & lumineux, qui tend à s'étendre & à ſe diſſiper; comme ſa tendance n'eſt pas déterminée vers un point plutôt que vers l'autre, nous devons croire qu'il prendroit de lui-même une figure ſphérique, ou à peu près, ſi des cauſes extérieures ne l'obligeoient à ſuivre une certaine direction, & ne changeoient l'arrangement naturel de ſes parties. Cette vapeur ardente eſt plongée dans l'air, autre fluide plus peſant qu'elle; ſelon

XIV. LEÇON.

les loix de l'hydroſtatique elle doit ſe porter de bas en haut, comme elle fait, par ſa légéreté reſpective, de ſorte que ſi la vapeur embraſée & détachée de la méche n'étoit pas ſuivie ſans interruption par d'autres portions de vapeur ſemblables, on ne verroit qu'une petite flamme preſqu'arrondie de toutes parts, s'élever environ à la hauteur d'un pouce, & s'éteindre preſque auſſi-tôt. Mais comme l'écoulement & l'embraſement ſont continuels, on devroit voir la flamme ſous la forme d'un cylindre, terminé en haut par une convexité, & nous pouvons préſumer qu'elle auroit effectivement cette figure, & non celle d'une pyramide à peu près conique, qu'on lui voit preſque toujours, ſans un autre cauſe dont je vais faire mention.

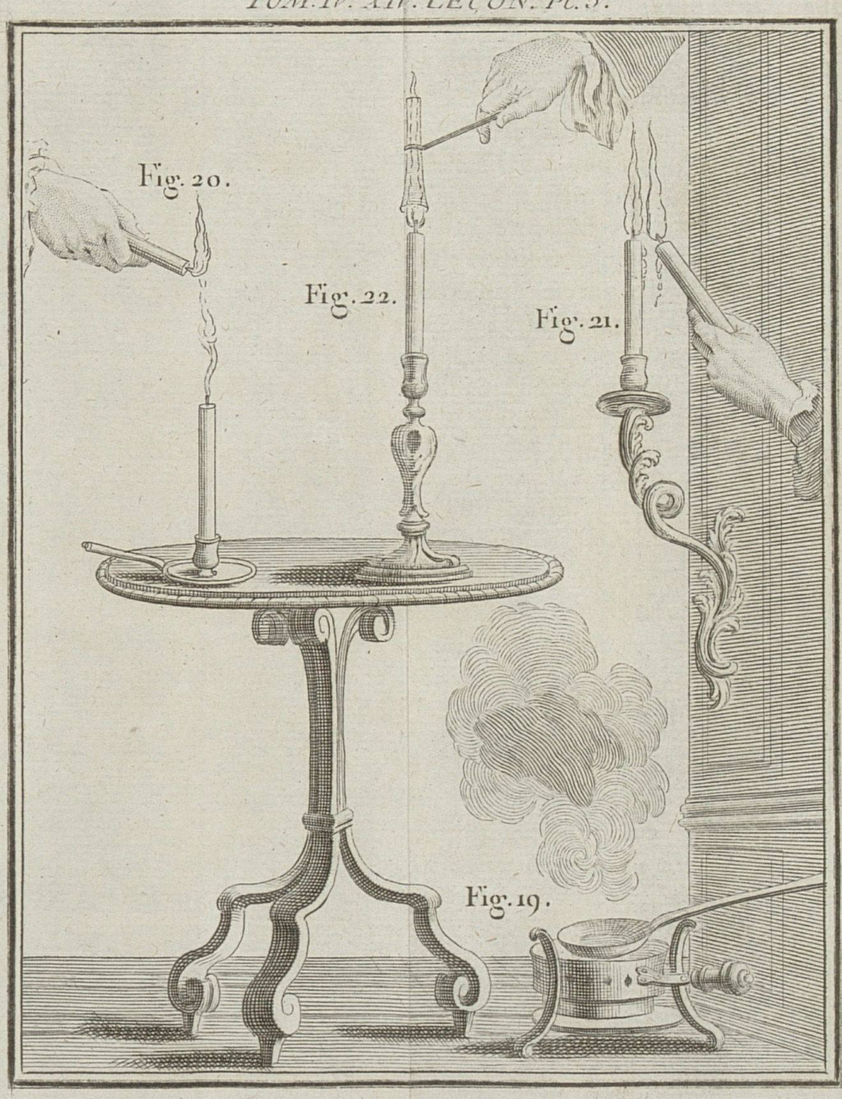
L'étendue de la vapeur qui s'exhale autour & par l'extrémité de la méche, n'eſt pas bornée à ce que nous voyons de lumineux, & que nous appellons la flamme. Elle va plus loin, & par le haut ſur-tout, on s'en apperçoit à pluſieurs pouces de diſtance. Pourquoi donc cette vapeur

une

une fois allumée ne conſerve-t-elle pas ſon inflammation & ſa lumiére autant qu'elle a d'étendue ? c'eſt qu'à meſure qu'elle s'étend, elle devient plus rare, & par-là plus ſuſceptible d'être refroidie & éteinte par l'air qui l'environne, de ſorte qu'il n'y a que le noyau, pour ainſi dire, la partie la plus denſe qui réſiſte à ce refroidiſſement, & qui conſerve aſſez de chaleur, pour reſter enflammée & pour luire. Deux expériences peuvent ſervir à prouver ceci. 1°, Si l'on approche deux chandelles allumées l'une de l'autre, de maniere qu'il n'y ait que quelques lignes de diſtance entre les deux flammes; on apperçoit entre-elles une petite vapeur enflammée *Fig.* 21. qui ſelon toute apparence, n'eſt autre choſe que la portion éteinte qui reprend feu par le nouveau degré de chaleur, que les deux flammes, en s'approchant, font naître dans l'eſpace qui les ſépare ; & cela eſt d'autant plus vraiſemblable, que les deux flammes alors s'allongent conſidérablement. 2°, Que l'on reçoive la flamme d'une groſſe chandelle dans un tuyau de verre mince qui ait 7 à 8 lignes de

diamétre, & environ quatre pouces de longueur, *Fig.* 22. On la voit aussitôt s'allonger considérablement, ayant presque autant de volume en haut qu'en bas, apparemment, parce que gardant mieux sa chaleur dans ce tuyau qui s'échauffe lui-même, que dans l'air qui se renouvelle continuellement, les parties enflammées demeurent plus long-tems dans cet état.

Il paroît donc certain que le volume de la flamme est restraint & diminué par le refroidissement que lui cause l'air ambiant. Mais comme cette flamme est un véritable écoulement, un fluide qui partant de la méche s'avance de bas en haut, dans un autre fluide qui le refroidit, & qui en éteint toujours des portions; il est comme évident que la partie inférieure, celle qui s'enflamme actuellement, doit être plus grosse que les autres qui sont au-dessus, qui ont déja souffert des refroidissemens, des extinctions : on doit convenir aussi que la flamme doit diminuer de grosseur de plus en plus à mesure qu'elle monte, puisqu'en montant elle fait toujours de nouvelles pertes. Repré-


Fig. 20.
Fig. 22.
Fig. 21.
Fig. 19.

ſentez-vous un cylindre poſé verticalement, dont on retrécit de plus en-plus le diamétre depuis la baſe juſqu'en-haut; que doit-il reſter après ces retranchemens, ſinon une pyramide conique, ou une figure telle que nous la préſente la flamme d'une chandelle?

Si vous ajoutez encore au refroidiſſement cauſé par l'air le frottement que doit éprouver un fluide qui en pénétre un autre, vous concevrez aiſément que, ſi celui qui ſe meut, devoit être ſelon l'origine de ſon écoulement, un jet cylindrique, il s'amincit & devient pyramidal par les ralentiſſemens ſucceſſifs que ſouffrent les parties de ſa ſurface, de la part du fluide ambiant; telle eſt la figure que nous repréſente l'eau qui traverſe l'air, après être ſortie d'un vaiſſeau, dont le fond eſt percé d'un trou rond. *Fig*, 23. Rien n'empêche de penſer que la flamme éprouve de pareils frottemens, en s'élevant dans l'air, & que cette cauſe concourt, & ajoute à l'effet, dont il eſt ici queſtion.

Enfin la partie noire de la méche devient plus longue, parce que le feu

XIV. LEÇON.

ſuit l'abaiſſement du bout de la chandelle qui s'uſe, en lui fourniſſant ſon aliment, & la lumiére devient terne, parce que le fluide lumineux eſt alors interrompu par un gros charbon noir qui rallentit ſon activité.

APPLICATIONS.

ON appelle communément matiéres *combuſtibles* ou *inflammables* toutes celles que le feu détruit, après les avoir fait briller ſous la forme de flamme ou de charbons ardens; telles ſont la plupart des ſubſtances végétales, animales, & une partie des foſſiles : mais comme preſque tous les corps que l'on fait brûler, ne ſe conſument point entiérement, & qu'outre la fumée qui ne diſparoît pas auſſi-tôt que la flamme, il reſte encore des parties fixes qu'on nomme *cendres*, & ſur leſquelles il ſemble que le feu n'ait plus aucun pouvoir ; on a conſidéré tous les mixtes qui peuvent s'allumer, comme renfermant en eux une certaine matiére, ſeule capable de prendre feu & d'entretenir l'inflammation, & que l'on a nommée pour cette raiſon *aliment du feu*, *pabulum ignis*. Boerhaave, & avec

lui plusieurs habiles Physiciens attribuent cette propriété à l'huile, qui entre comme principe dans presque tous les mixtes & sur-tout dans ceux du régne végétal & du régne animal; de sorte qu'un corps est plus ou moins combustible, selon que la dose de ce principe y est plus ou moins grande; c'est pour cela, dit-on, que les matiéres grasses ou huileuses s'allument plus facilement que les autres, & se brûlent d'une maniére plus complette.

On ne peut nier que cette doctrine ne s'accorde fort bien avec ce que nous voyons tous les jours: mais en recevant cette vérité, devons-nous y mettre la précision avec laquelle il semble qu'on nous l'offre? l'huile légére & volatile est-elle la seule matiére vraiment inflammable? les autres principes auxquels elle est unie, ne le seroient-ils pas aussi par un degré de feu plus considérable que celui qui suffit pour elle? L'idée que je me suis faite de l'état naturel du feu dans les corps, me détermine pour l'affirmative; & pour justifier mon opinion, qui paroîtra peut-être un peu singuliére, il faut que je résume ici en peu

XIV. LEÇON.

de mots ce que j'ai déja insinué en plusieurs endroits de cette Leçon, & de la précédente.

Je pense, comme la plupart des Physiciens d'aujourd'hui, qu'il y a du feu par-tout & en tout : que cet élément occupe les vuides que laissent entre elles les molécules d'un corps solide ou fluide, & qu'il les distend plus ou moins, selon le degré actuel de son activité. Outre ce feu, qu'on peut regarder comme ambiant par rapport aux petites masses, qui composent un corps, je crois encore que la plus petite portion de matiére, de quelque espéce qu'elle soit, (j'en excepte seulement les atômes, s'il y en a,) renferme audedans d'elle-même un peu de ce même feu, qui ne peut se mettre en liberté, se déployer, & briller, qu'après avoir rompu son enveloppe, mais qui ne la rompra & n'en dissipera les parties, qu'après qu'il aura reçu un degré de force proportionné & supérieur à la résistance des liens qui le retiennent. Or comme les parties de la matiére sont plus ou moins difficiles à désunir suivant l'espéce, dans un mixte qu'on fait brûler, les molécules d'un

certain ordre pourront céder à la puiſſance interne, qui tend à les diſſiper, parce que le degré de feu qui régne actuellement dans la maſſe totale, ſuffit pour occaſionner cet effort victorieux, tandis que d'autres réſiſteront, non qu'ils ne renferment auſſi une pareille cauſe de déſunion, mais ſeulement parce que cette cauſe n'a pas reçu du feu qui agit au-dehors, une intenſité ſuffiſante, pour avoir ſon effet.

Ainſi tout eſt inflammable en ce ſens : le charbon qui reſte ſimplement rouge, lorſqu'il eſt allumé, demeure en cet état, parce que de couche en couche, le feu renfermé dans les molécules de la ſuperficie, ſe développe lentement, & ne fait que diſſoudre des parties qui ont peine à ſe quitter, & qui lui réſiſtent bien autrement que celles qui ſe ſont d'abord évaporées en flamme & en fumée ; le ſel même & la terre qui font la cendre de ce charbon brûlé, & qui ſe préſentent preſque toujours ſous la forme & la couleur d'une poudre griſe, rougiront auſſi comme le charbon, ſi l'on y applique un degré de feu qui anime ſuffiſamment celui qui eſt retenu dans

XIV. LEÇON.

ces parties fixes, & qui le faſſe briller à travers de ſes enveloppes. Diſons plus, je ſuis perſuadé que l'eau même deviendroit ardente & brillante de lumiére, ſi les parties élémentaires qui compoſent ſes molécules, & que je ſuppoſe auſſi renfermer entr'elles une petite portion de feu, pouvoient ſe déſunir avec autant de facilité, que les molécules mêmes en ont à quitter la maſſe, pour s'évaporer.

Quoi, dira-t-on, l'eau eſt auſſi l'aliment du feu ?

Ne diſputons point ſur des mots, ſi l'on entend, par aliment du feu, ce qui s'enflamme le plus aiſément, ce qu'il y a de plus propre à entretenir ou à augmenter ces embraſemens dont nous faiſons ordinairement uſage dans nos cuiſines, ou pendant la nuit pour nous éclairer ; certainement les matiéres graſſes, ſpiritueuſes, ſulfureuſes, ce qui en contient une grande quantité, méritent ce nom par préférence à tout : mais ſi l'on attache à cette expreſſion une idée plus étendue, qu'on appelle aliment du feu, une matiére que cet élément puiſſe diſſoudre, une matiére que l'action du feu puiſſe faire

paroître

paroître toute embrasée, une matiére enfin dont une plus grande quantité fasse un plus grand feu, quand toutes ses parties sont animées du même dégré de chaleur, j'avoue que je ne connois point de corps à qui je me croye en droit de refuser ce nom. Un grain de sable & une petite goutte d'huile contenant l'un & l'autre une portion de feu, je crois voir clairement que cette cause interne opérera la dissolution de ces deux petits êtres, quand elle aura acquis assez de force, pour vaincre la ténacité de leurs parties ; avec cette différence seulement, que l'huile cédant plus aisément, se dissipera en une vapeur lumineuse ; au lieu que le sable plus fixe s'entrouvrira, pour laisser briller au-dehors le feu qu'il renferme, & se divisera en une infinité de parties qui ne se dissiperont point.

La couleur de la flamme varie suivant les différentes matiéres que l'on brûle ; l'esprit-de-vin pur, & en général celui que l'on tire de tous les végétaux, donne une flamme légère & d'un blanc brillant ; celle de l'huile & de la graisse est un peu jaune, & celle du soufre est bleue ; quand on allume

XIV. Leçon.

un corps mixte qui contient de toutes ces matiéres, la flamme qui s'en éléve, doit participer plus ou moins de toutes ces nuances qui se combinent encore avec des traits de vapeur noire ou de fumée ; en voilà assez pour rendre raison de toutes ces couleurs qu'on observe dans la flamme d'un fagot ou d'une bûche bien allumée.

A l'occasion de l'expérience rapportée ci-dessus de la flamme d'une chandelle, qui remplit presqu'entiérement un tube de 3 ou 4 pouces, je remarquerai que le feu qu'on fait dans l'âtre d'une cheminée, ne devient dangereux que quand la flamme s'éléve assez pour entrer dans le tuyau : car alors il ne faut plus estimer sa hauteur, suivant celle qu'elle auroit hors de cette circonstance ; il faut penser qu'elle s'allonge considérablement par les raisons que j'ai dites, & qu'elle est à portée d'allumer la suie jusqu'à une très-grande distance.

Quand on entretient une lampe avec de l'esprit-de-vin bien déflegmé, la méche, si elle est de coton, ne se convertit point en charbon noir, comme celle d'une chandelle, ou d'une lampe d'hui-

le, parce que la flamme eſt trop légère & trop évaporable ; auſſi n'eſt-il pas néceſſaire qu'une méche brûle, pourvu qu'elle ſoit toujours imbibée de la matiére qui doit entretenir la flamme ; on voit par-tout des réchauds à eſprit-de-vin, dont les méches ſont faites de petites lames d'argent liées en faiſceaux, & un peu éparpillées par le haut.

Les méches trop longues ou trop lâches font fumer les lampes, parce qu'elles fourniſſent au feu plus de matiére qu'il n'en peut conſumer ; le ſuperflu ne s'allume point, & s'exhale en fumée noire : les méches trop ſerrées ne pompent point aſſez de matiéres, la flamme languit, & celles qui ſont trop courtes, portent au feu le ſuif & l'huile, avant qu'ils ayent aſſez de chaleur ; elles ne peuvent réuſſir qu'avec l'eſprit-de-vin, qui s'enflamme, lorſqu'il n'eſt encore que médiocrement chaud.

L'EXPÉRIENCE de la chandelle nouvellement éteinte, qu'on rallume par ſa vapeur, me donne lieu d'avertir qu'il eſt très-dangereux d'approcher avec une bougie allumée, ou avec toute autre flamme, d'une matiére graſſe,

résineuse, ou spiritueuse, qui est fort chaude, & qui fume ; le feu pourroit y prendre de fort loin, & causer bien du désordre, on ne voit que trop souvent des accidens de cette espéce, surtout depuis que la fabrique & l'emploi des vernis sont devenus la profession, ou l'amusement d'un grand nombre de personnes.

Mais que deviennent enfin tant de matiéres que l'inflammation dissipe & fait disparoître tous les jours à nos yeux, après les y avoir fait briller pendant quelques instans ?

Comme rien ne s'anéantit, & que les espéces ne s'épuisent point, malgré la consommation qui s'en fait tous les jours, nous devons croire que tous ces corps divisés & décomposés par l'action du feu, au point de n'être plus rien de ce qu'ils étoient, quant à la forme sensible, se dispersent dans l'atmosphére, comme dans un grand réservoir, où la nature reprend, selon ses besoins, & selon ses vûes, tous ces matériaux, pour les employer à de nouvelles productions.

IV. SECTION.

Des principaux moyens d'augmenter & de diminuer l'action du feu.

IL eſt ici queſtion du feu uſuel, c'eſt-à-dire, de celui dont nous faiſons communément uſage, de l'embraſement d'une matiére qui ſe diſſipe en flamme & en fumée, & dont il ne reſte que la cendre ou rien après l'inflammation ; tel eſt un feu de bois, de charbons, d'huile, d'eſprit-de-vin, &c. Quant aux rayons du ſoleil, en faiſant voir dans la Leçon précédente, qu'ils ſont un vrai feu, j'en ai dit aſſez pour faire comprendre que la chaleur qu'ils font naître, doit augmenter à meſure qu'ils ſe raſſemblent en plus grand nombre ſur un même endroit, ce qui dépend de la multiplication, de la grandeur, ou de la perfection des inſtrumens qui les font coincider.

J'obſerverai ſeulement à l'égard des rayons raſſemblés par les miroirs de dioptrique, ou de catoptrique, que l'intenſité de leur action ne croît pas

XIV. LEÇON.

seulement en raison de la densité qu'ils acquiérent en s'approchant de leur foyer commun, mais encore selon quelque autre progression que l'on ne connoît pas bien ; de sorte que, si l'on divisoit, par exemple, en parties égales l'axe du cône lumineux, dont la base est appuyée au miroir, * le même corps placé successivement à toutes ces divisions, n'y prendroit pas des degrés de chaleur toujours proportionnels au nombre des rayons que son degré de distance lui feroit recevoir : on fera fondre au foyer ou fort près du foyer, un morceau de métal qui ne s'échaufferoit que médiocrement, s'il étoit porté un peu plus loin, où le nombre des rayons qui frapperoient sa surface, ne seroit pourtant pas considérablement diminué ; il semble que les rayons, en se serrant réciproquement, prennent une nouvelle force, indépendamment de celle qui résulte de leur plus grand nombre.

* 13. *Leçon.* *Fig.* 10. & 11.

Nous connoissons principalement trois maniéres par lesquelles on parvient à augmenter l'action & les effets d'un même feu, je veux dire, d'un feu entretenu avec la même matiére,

1°, En augmentant la quantité de cette matiere, qui lui ſert d'aliment ; 2°, en concentrant ſon action, ou en empêchant qu'elle ne s'étende, & ne ſe diſſipe dans un trop grand eſpace : 3°, en dirigeant vers un même endroit cette action, ou les parties embraſées qui s'exhalent.

La premiére maniére d'augmenter le feu eſt tellement uſitée & connue, que je ne crois pas devoir m'y arrêter ; on ſçait qu'une botte de paille étant une fois allumée, ſi l'on y en ajoute une deuxiéme, une troiſiéme ou davantage, le feu s'augmente, & la chaleur s'étend à proportion ; cependant il faut faire attention qu'une matiére, quoique choiſie dans l'ordre de celles qu'on nomme communément combuſtibles, ne prend pas toujours feu, & n'augmente pas un embraſement commencé, à moins que le feu auquel on l'ajoute, ne ſoit proportionné à ſon volume, & à ſon degré d'inflammabilité : inutilement amaſſeroit-on de très-groſſes bûches autour d'un très-petit feu de paille, elles n'en ſeroient que noircies ; & nous avons déja remarqué qu'une mé-

XIV. LEÇON.

che de coton enveloppée par la flamme de l'esprit-de-vin, se conserve toute entiére. C'est qu'il y a des flammes plus chaudes, plus actives les unes que les autres ; & pour les entretenir, il faut des matiéres, dont le degré d'inflammabilité leur convienne : ce degré d'inflammabilité dépend non-seulement de la nature du corps combustible, mais encore de son volume & de sa densité. Le bois par lui-même est inflammable au point de pouvoir s'allumer par de la paille qui brûle ; mais si ce bois est en grosses bûches, il faudroit y appliquer un feu de cette espece pendant bien du tems pour l'entamer ; car un corps ne s'embrase qu'après avoir reçû un certain degré de chaleur ; & si sa superficie exposée à une foible flamme, s'entretient froide par la quantité de la masse, il n'en résultera tout au plus qu'une inflammation légère & superficielle.

Ce que je viens d'observer, suffit pour rendre raison de l'extinction d'une bougie, ou d'une chandelle, que l'on tient un moment renversée, ou que l'on plonge dans une liqueur inflammable, mais froide ; de l'extinc-

tion du bois verd médiocrement allumé, dont on ne ſoutient pas l'embraſement par d'autre plus ſec ; dans l'un & dans l'autre cas le feu ne manque point d'aliment ; mais dans le premier, cet aliment n'a pas le tems de s'échauffer aſſez ; & dans le ſecond, il ne le peut pas, à cauſe de l'humidité qu'il renferme.

Je paſſe à la ſeconde maniére d'augmenter l'action du feu, & j'entreprends de faire voir qu'une même flamme, ou un même braſier chauffe beaucoup plus, quand ſa chaleur eſt retenue par des obſtacles qui l'empêchent de s'étendre, que quand on la laiſſe libre de ſe répandre au loin & d'une maniére vague.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PREPARATION.

A A, *Fig.* 24 eſt un vaiſſeau à peu près cylindrique de tole ou de laiton, ouvert de toute ſa largeur par en-haut, & en-bas, par une petite arcade de 2 pouces $\frac{1}{2}$ de haut ſur 2 pouces $\frac{1}{4}$ de large ; outre cela il eſt encore percé de trois autres trous beaucoup

XIV. LEÇON.

plus petits que le précédent, également espacés ſur la rondeur du vaiſſeau, & tous trois à la hauteur du ſommet de l'arcade.

Ce premier vaiſſeau reçoit ſucceſſivement deux eſpéces de capſules, ou cuvettes de métal, qui s'y enfoncent à peu-près juſqu'au tiers de ſa hauteur; dans l'une des deux on met de l'eau, & dans l'autre du ſable bien ſec.

On fait paſſer par l'arcade le canal d'une lampe à trois méches que l'on allume, & que l'on tient un peu courtes, & en forme de pinceaux, afin qu'elles ne fument point; le réſervoir *B* de cette lampe contient de l'huile d'olives.

EFFETS.

LA capſule pleine d'eau ayant reçû pendant une demi-heure la chaleur de la lampe, ſi l'on y plonge un thermométre, on s'apperçoit par l'aſcenſion de la liqueur dans le tube, que le degré de chaleur n'eſt pas fort éloigné de celui de l'eau bouillante.

La cuvette qui contient le ſablon, ayant été expoſée un pareil tems au feu de la lampe, on voit en y plon-

geant un thermométre de mercure, que le degré de chaleur est plus grand que celui de l'eau précédemment éprouvée.

EXPLICATIONS.

TOUT le monde conviendra volontiers que l'eau & le sable ne se fussent jamais autant échauffés, si l'on se fût contenté de les tenir simplement à 6 pouces au-dessus de trois petites flammes semblables à celles de notre Expérience ; il n'est pas douteux que ce grand degré de chaleur que l'une & l'autre ont reçû, ne soit dû principalement au soin qu'on a pris de renfermer ce petit feu dans le vaisseau cylindrique, qui portoit la capsule ; & je vais tâcher d'en exposer les raisons.

Le feu, en vertu de sa force expansive, tend à s'étendre de tous côtés, il détermine de même toutes les parties des corps qu'il désunit, & qui s'exhalent avec lui ; ainsi les trois petites méches de la lampe, qui brûlent ensemble, doivent être considérées comme le centre d'une sphére d'activité, dont les rayons vont frapper les parois du vaisseau *A A*, mais à cause de la

XIV. LEÇON.

forme de ce vaisseau les rayons de feu ou de chaleur sont réfléchis vers l'axe de l'espace cylindrique qu'il renferme, & leur action se trouvant comme concentrée, en agit avec d'autant plus de force sur tout ce qui l'environne ; de-là il arrive que les parois du vaisseau & la cuvette qui le couvre, s'échauffent considérablement.

Cette concentration de chaleur ne dépend pas beaucoup de la figure du vaisseau ; on auroit à peu-près le même effet, quand il seroit quarré : elle vient principalement de ce qu'on oppose un obstacle aux rayons qui tendent à se dissiper, en se prolongeant ; & qui se dissipent en effet, quand on leur en laisse la liberté, comme l'expérience l'apprend.

La cuvette avec ce qu'elle contient, s'échauffe plus lentement, mais davantage que les parois du vaisseau ; parce qu'elle oppose plus de matiére à pénétrer, & que l'action du feu continuée augmente, comme je l'ai déja fait entendre, à proportion des résistances qu'elle a à vaincre.

C'est par cette derniére raison que le sable s'est échauffé plus que l'eau ;

car le feu qu'il renferme, étant plus lent à se mettre en action, en devient d'autant plus fort, quand ce qui le retient vient à céder.

XIV. LEÇON.

APPLICATIONS.

LA Chymie, cet art merveilleux, qui sçait approfondir les secrets de la nature, en décomposant ses ouvrages, employe dans presque toutes ses opérations un feu, dont l'action est réglée par des fourneaux: & ces fourneaux ne sont autre chose que des vaisseaux différens entre eux par la matiére, dont ils sont faits, par leur grandeur, par leur forme, mais qui se ressemblent en ce qu'ils renferment une certaine quantité de matiére embrasée, dont ils retiennent la chaleur, pour l'obliger d'agir sur quelque substance qu'on veut chauffer intimement. C'est dans un traité de Chymie qu'on doit chercher la construction & les usages de ces sortes d'instrumens, le choix des matiéres qu'on y doit brûler, & les régles qu'il faut suivre, pour obtenir tel ou tel degré de feu relativement aux différentes vues qu'on s'est proposées. Je me garderai bien d'entrer dans ce dé-

XIV. LEÇON.

tail, qui m'écarteroit trop de mon sujet; mais je crois faire plaisir au Lecteur, en lui faisant connoître un fourneau qui peut se placer par-tout, sans causer d'incommodité, qui exige peu de soin, peu de dépense, & peu de sçavoir, & avec lequel cependant on peut faire en petit beaucoup d'opérations agréables & utiles.

Le corps de ce fourneau, qui a environ 9 pouces de hauteur sur 6 à 7 de diamétre au plus large, est tout-à-fait semblable par sa figure au vaisseau *A A* * de notre derniére Expérience; il renferme, comme lui, le feu d'une lampe à trois méches, dont le réservoir est rempli d'huile d'olives à bas prix; on allume toutes ces méches, ou seulement une partie selon le degré de feu qu'on veut avoir; & si l'on prend soin qu'elles soient courtes, convenablement serrées dans les petits tuyaux par lesquels elles passent, pour atteindre l'huile, & que le bout qui brûle, ait la forme d'un pinceau qui a perdu sa pointe, elles pourront brûler pendant cinq ou six heures, & même davantage, sans fumer, & sans faire sentir aucune mauvaise odeur.

* *Fig.* 24.

Le fourneau ainsi allumé reçoit une espéce de bouilloire de fer blanc, *fig.* 25, que l'on emplit d'eau bouillante par l'orifice *C*, dans laquelle est plongée & arrêtée une cucurbite d'étain *D*. Au col de cette cucurbite on joint un chapiteau de verre, ou de métal *E*, que l'on couvre d'un réfrigérant *F* garni d'un petit robinet, pour faciliter le renouvellement de l'eau qu'on y met. On adapte ensuite au bec du chapiteau un petit matras, dont on fait porter la boule sur un support qui se hausse & se baisse à volonté, comme on le peut voir par la *fig.* 26, qui représente toutes ces piéces ensemble.

Au lieu de la cucurbite au bain marie, dont je viens de parler, on peut ajuster au fourneau un bain de sable, *fig.* 27, dans lequel on place une cucurbite de verre avec son chapiteau *G*, &c. ou bien, une cornue *H*, que l'on couvre encore de sable, & d'un couvercle un peu formé en dôme, qui sert comme de réverbere. *Voyez les fig.* 28. & 29.

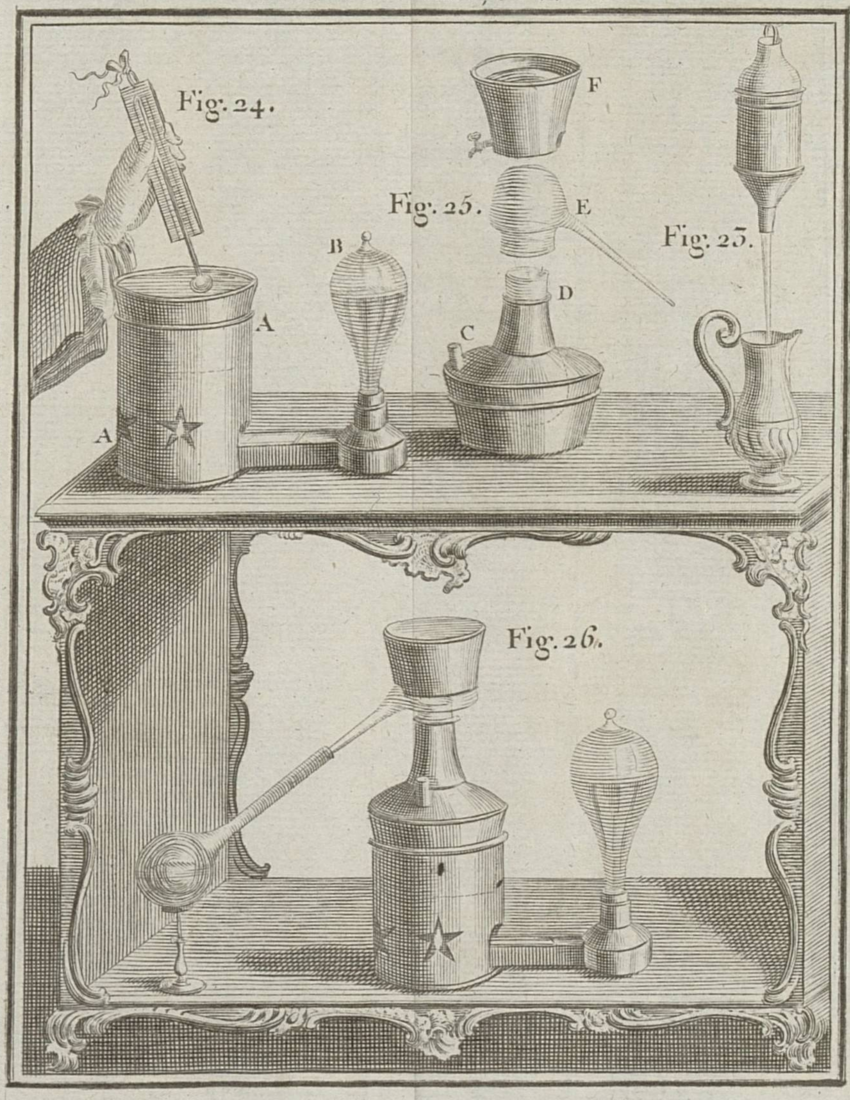
Avec un fourneau de cette espéce on peut mettre à profit la lumiére que

XIV. Leçon.

bien des gens font garder pendant la nuit dans leur appartement ; il ne s'agit que de substituer aux lampes ou aux bougies qu'on employe communément à cet usage, celle dont je viens de faire mention, l'huile que l'on brûle presque toujours en pure perte servira à faire aller le petit fourneau, & le lendemain au matin on en trouvera le produit.

Le bain de sable est commode pour entretenir chaud le bouillon ou la boisson d'un malade, le caffé, le thé, & autres potions ; pour tenir en digestion certaines drogues qu'on doit prendre par forme de reméde ou autrement, pour faire des évaporations lentes, &c.

Enfin, rien n'est plus commode que cet instrument, pour faire des essais de distillations, & pour extraire l'huile essentielle des plantes aromatiques. On met dans la cucurbite du bain marie, par exemple, une poignée de fleurs de lavande avec une pinte d'eau-de-vie, on la couvre de son chapiteau & du réfrigérant qu'on emplit d'eau fraîche : deux méches allumées, ou trois, si l'on veut


Fig. 24.
A
A
B
Fig. 25.
F
E
D
C
Fig. 23.
Fig. 26.

aller plus vîte, font diſtiller environ une chopine d'un eſprit-de-vin fort chargé d'odeur, & qui ne ſent point le feu. XIV. LEÇON.

On doit ſe ſervir de la cucurbite au bain de ſable pour des matiéres plus peſantes, ou qui ſeroient capables de gâter la cucurbite d'étain, comme le vinaigre, la térébenthine, &c.

La cornue au bain de ſable, avec le réverbere & trois méches allumées, ſervira pour diſtiller des matiéres encore plus peſantes, comme le mercure, s'il étoit queſtion de le bien purifier; ou pour diſtiller l'eau forte citrine qui enflamme les huiles eſſentielles des plantes, qui eſt une diſtillation de ſalpêtre fin, bien ſéché & mêlé avec l'huile de vitriol.

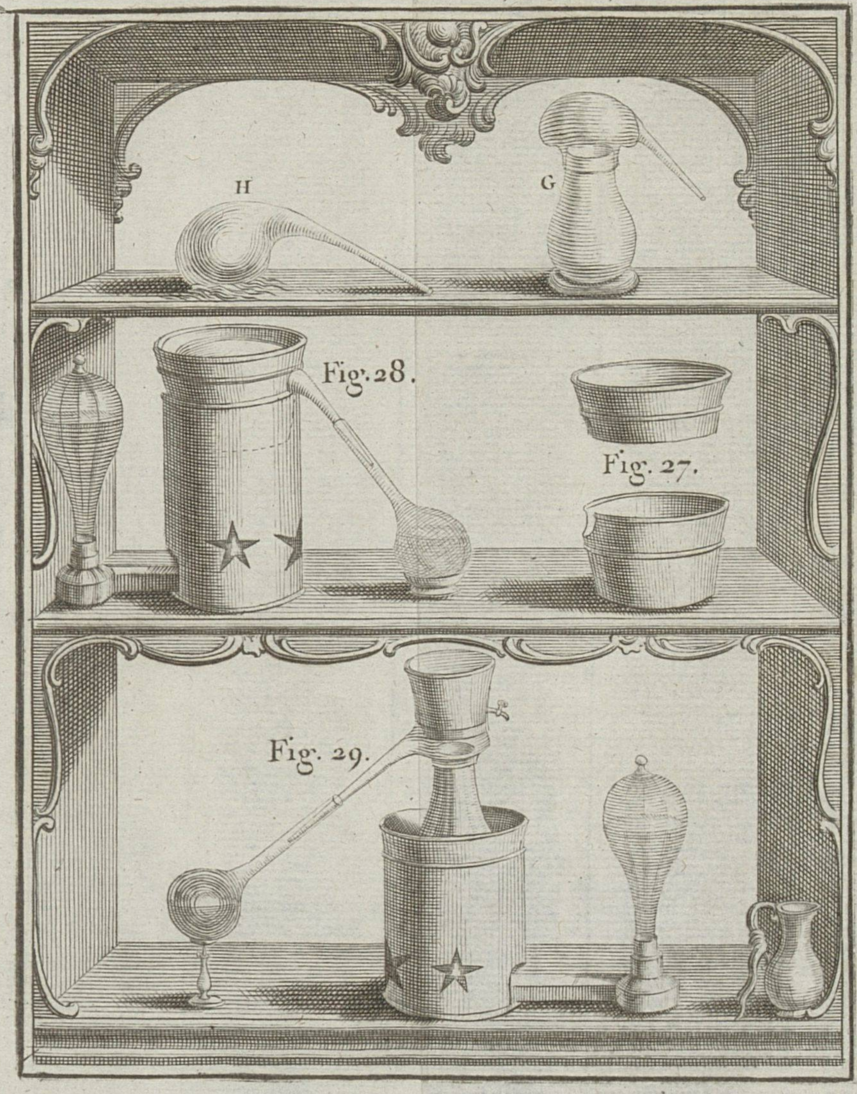
Le forgeron jette de l'eau par aſperſion ſur le charbon de terre, dont il entretient le feu de ſa forge, quand il s'apperçoit qu'il brûle un peu trop à la ſuperficie; par ce moyen, dont l'expérience lui a fait connoître l'utilité, il forme une eſpéce de voûte toujours éteinte, ſous laquelle, comme dans un fourneau de réverbere, le feu ſe concentre & exerce ſon action preſ-

qu'uniquement sur le métal que l'on fait chauffer.

XIV. LEÇON.

Les étuves sont encore des espéces de fourneaux, dans l'intérieur desquels la chaleur d'un peu de braise allumée, s'applique commodément à un grand nombre de corps, que l'on veut entretenir chauds & secs : c'est ainsi que l'on conserve dans les offices des fruits confits, des caramels & autres préparations de sucre, que l'humidité de l'air auroit bien-tôt gâtées; c'est par ce moyen encore que ceux qui employent des vernis gras, finissent présentement dans l'espace de quelques jours, & dans les saisons les moins favorables, des ouvrages pour lesquels il falloit autrefois plusieurs mois d'un tems choisi.

Un paravent déployé & placé dans une grande chambre, auprès & vis-à-vis de la cheminée, ne sert pas seulement à garantir les personnes qui se chauffent de l'air froid que le feu attire : il réfléchit la chaleur, il l'arrête, il empêche qu'elle ne se dissipe; en un mot, il fait en quelque façon l'office d'une étuve, à cela près que l'air se renouvelle par en haut, dans l'espace qu'il renferme.


H
G
Fig. 28.
Fig. 27.
Fig. 29.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

IL faut avoir un grosse chandelle allumée, dont on incline un peu la méche ; & avec un chalumeau de verre ou de métal recourbé & pointu par un bout, on souffle sur la flamme dans telle direction qu'on le juge à propos. *Voyez Fig.* 30.

EFFETS.

CETTE flamme qui brûle ordinairement sans bruit, qui n'a qu'un pouce & demi tout au plus de longueur, & qui seroit à peine capable de faire rougir une épingle ou une aiguille à coudre, lorsqu'elle est soufflée de la maniére que je viens de le dire, fait un bruissement assez considérable (*a*), s'allonge de plusieurs pouces, & brûle avec autant d'activité, qu'elle amollit ou fait fondre très-promptement le

(*a*) C'est ce qui arrive le plus communément ; mais cependant quand le chalumeau est très-menu, & que l'on souffle médiocrement, on n'entend point de bruit.

verre, & les métaux les plus durs.

XIV. LEÇON.

EXPLICATIONS.

Je considére toutes les parties de la flamme comme autant de petites portions de la matiére combustible, qui se brisent & qui éclatent par l'effort du feu qu'elles renferment, & qui se met en liberté : toutes ces petites explosions particuliéres en font une totale qui frappe l'air environnant, & qui fait du bruit lorsqu'elle est subite ; mais qui se passe en silence quand elle se fait lentement, ou quand une fois la flamme a fait sa place dans l'air. Il n'en doit pas être de même si l'on force l'air d'entrer dans la flamme: les parties qui éclatent à chaque instant doivent porter sur lui leur effort, & les secousses qu'il reçoit doivent se faire entendre : voilà au moins ce qui me paroît vraisemblable. On peut encore considérer qu'il y a toujours dans l'air des parties humides, qui lancées avec lui dans un feu très-actif, doivent faire (toute proportion gardée) ce que nous voyons que fait une goutte d'eau qui tombe sur un fer

chaud, c'est-à-dire, un frémissement qui retentit.

L'allongement de la flamme est visiblement causé par l'impulsion du vent qui entraîne avec lui, celles des parties embrasées qui se dissiperoient du côté d'où il vient : on peut ajouter encore, que ce qui ne seroit que vapeur éteinte ou fumée, devient de la flamme, parce que l'activité du feu est augmentée.

La flamme soufflée devient un feu plus actif, pour deux raisons : premiérement, parce que le vent condense les parties embrasées dans la direction qu'il leur fait prendre, puisqu'il entraîne du même côté des parties qui n'iroient pas sans cette détermination, & qu'il fait prendre feu à d'autres qui s'exhaleroient en fumée ; secondement, parce que poussant la flamme, il ajoute au mouvement qu'elle a naturellement, & par lequel elle agit sur les autres corps.

APPLICATIONS.

L'EXPERIENCE qu'on vient de voir, est une pratique fort connue & très-usitée dans plusieurs arts. Les Orfé-

XIV. Leçon.

vres qui font particuliérement la bijouterie, & ceux qu'on nomme *Metteurs en œuvre*, soudent la plûpart de leurs piéces au chalumeau, ils les tiennent dans le creux d'un charbon de bois tendre, & ils dirigent dessus la flamme allongée par le souffle : de cette maniére, ils sont bien plus maîtres du feu, & ne risquent pas de fondre des parties délicates, qu'on auroit bien de la peine à ménager & à sauver, si l'on se servoit de charbon allumé pour les chauffer.

Les horlogers, les faiseurs d'instrumens de Mathématiques, &c. qui trempent la pointe de leurs forets en les plongeant dans le suif, les font rougir auparavant dans la flamme d'une chandelle, qu'ils soufflent aussi avec un chalumeau ; cette façon de tremper est très-commode, en ce qu'on est maître de ne chauffer que le petit bout de l'instrument, la seule partie qui doive être dure.

C'est aussi par le vent qui sort d'un chalumeau recourbé que les émailleurs animent le feu de leur lampe : mais au lieu de souffler avec la bouche, ce qui est impraticable dans bien

des cas, & très-pénible quand le travail est d'une certaine durée, la plûpart se servent d'un soufflet à double ame, fixé sous la table qui porte la lampe, & que l'on fait mouvoir avec le pied en appuyant sur une pédale. La *Fig.* 31. représente non-seulement l'appareil de cet art charmant, qui sçait faire prendre au verre & à l'émail tant de formes agréables, & imiter si joliment les fleurs & autres productions de la nature ; elle met encore sous les yeux le portrait assez ressemblant du plus adroit & du plus ingénieux Artiste que nous ayons eu en ce genre (*a*). Je sens tous les jours combien je lui suis redevable d'avoir bien voulu me mettre un peu au fait de son art ; pour lui en marquer ma reconnoissance, je profite avec plaisir

(*a*) Feu Jean Raux, Emailleur du Roi, a eu l'honneur d'amuser de son travail presque tous nos Princes dans leur jeunesse, & d'en donner des leçons à beaucoup de Seigneurs, tant François qu'Etrangers ; son portrait fut esquissé par un Officier de la Cour de Monseigneur le Dauphin tandis qu'il travailloit devant ce Prince en 1739. C'est d'après cette esquisse qui m'est tombée entre les mains que j'ai fait graver la *Fig.* 31.

de l'occasion que j'ai de perpétuer sa mémoire.

XIV. LEÇON.

La lampe des Emailleurs, animée par le vent d'un soufflet, nous fait voir en petit ce qui se passe dans les forges. Combien n'y auroit-il point à perdre, & pour le tems & pour la dépense, s'il falloit traiter les métaux, comme on traite le verre, par exemple dans les verreries, avec un feu qui prend presque toute sa force de la quantité & de la durée : d'ailleurs avec le feu d'une forge qui peut être très-fort, quoiqu'en petit volume, on a encore l'avantage de ne chauffer sur une barre de fer que l'endroit où l'on a affaire.

Le feu soufflé est encore plus actif que celui qui est contenu & concentré dans un fourneau ; ainsi lorsqu'il s'agit de pousser l'action du feu aussi loin qu'elle peut aller par des moyens connus, il faut opposer entre eux plusieurs soufflets sur un même brasier ; c'est ainsi qu'en usent les Chymistes, pour accélérer la fusion des matiéres dures, ou pour éprouver jusqu'à quel point elles sont fixes.

Sans employer des soufflets, on a soin

ſoin de conſtruire preſque tous les fourneaux, de maniére que l'air attiré par le feu, paſſe avec une certaine vîteſſe de la partie embraſée à celle qui ne l'eſt pas, ou qui l'eſt moins; alors l'action du feu eſt augmentée par ce courant d'air, qu'on eſt maître de modérer à ſon gré, en ouvrant plus ou moins les iſſues par leſquelles il doit ſortir.

Un tel courant d'air bien ménagé peut forcer la fumée de deſcendre dans le braſier & de s'y convertir en flamme, comme cela arrive dans une eſpéce de poële inventé autrefois par M. Daleſme *, & renouvellé dans ces derniers tems par des perſonnes qui n'en ayant pas bien étudié les inconvéniens, propoſerent d'en placer dans les appartemens: dès les premiers eſſais, on reconnut que l'uſage en étoit pernicieux, & que s'ils ne rempliſſent point l'air de fumée groſſiére, ils le chargent d'exhalaiſons plus ſubtiles, mais toujours capables de nuire aux perſonnes qui le reſpirent.

* *Journal des Sçavans, 1686. pag. 116.*

Après ce que je viens de dire, il eſt preſque inutile de parler de l'uſage où l'on eſt de ſouffler le feu des ap-

XIV. LEÇON.

partemens pour le mieux allumer, ni des justes raisons que l'on a de craindre le vent dans les incendies : tout cela est fondé sur ce que l'impulsion, de l'air chasse le feu sur son aliment, ou l'y retient, ce qui lui fait faire plus de progrès ; & si l'on voit quelquefois un souffle violent éteindre la flamme, c'est qu'alors ce vent non proportionné dissipe & le feu & la vapeur qui est prête à s'enflammer, comme je l'ai déja dit ailleurs. *

* Tom. 3. pag. 293.

Mais n'y a-t-il que l'air agité qui puisse animer le feu ? Tout autre fluide qui n'auroit pas beaucoup de densité, une vapeur qui couleroit avec rapidité, ne feroit-elle pas la même chose ? Oui, assurément ; & si l'on en doutoit, on pourroit très-facilement s'en convaincre, en présentant la flamme d'un flambeau ou un gros charbon bien allumé au bec d'un éolypile, dans lequel on feroit bouillir de l'eau : le jet de vapeur qui en sort fait précisément l'effet d'un soufflet ; on me dira, peut-être, que cette vapeur contient beaucoup d'air, mais j'ai déja prévenu cette objection *, en rapportant une expérience bien simple, par la-

* Pag. 89.

quelle on voit clairement que cela n'eſt pas.

Cette expérience conſiſte à plonger le bec de l'éolypile dans un verre d'eau froide : s'il en ſortoit de l'air, ſans doute qu'il ſe montreroit ſous la forme de globules, ce qui n'arrive pas ; mais au lieu de cela on apperçoit un fluide qui trouble un peu la tranſparence de l'eau, & qui fait entendre un frémiſſement tout-à-fait ſemblable à celui d'une liqueur qui commence à bouillir : ce bruit qui a d'abord un ton aſſez aigu, devient plus grave & plus ſourd à meſure que l'eau s'échauffe : & enfin la vapeur continuant toujours de ſe répandre dans cette eau, & de la rendre plus chaude, parvient à la faire bouillir, & l'on n'entend plus alors que le bruit ordinaire du bouillonnement : cette expérience, qui m'a paru curieuſe, s'accorde aſſez bien avec ce que j'ai dit ci-deſſus, pour expliquer l'ébullition des liqueurs.

LA ſuppreſſion des moyens par leſquels on entretient & on anime le feu, eſt la cauſe la plus ordinaire de ſon ralentiſſement ou de ſon extinc-

XIV. LEÇON.

tion : une bougie & une lampe cessent d'éclairer dès que la méche ne trouve plus de cire ou d'huile à pomper ; le feu d'un poële ou d'une cheminée ne donne plus de chaleur quand il manque de bois, & souvent il languit seulement, parce qu'on néglige de le souffler. Mais indépendamment de ces causes, il en est d'autres qui agissent plus promptement, & dont on ne manque pas de faire usage quand on est pressé d'arrêter les progrès du feu, ou de les ralentir. J'ai fait voir dans la dixiéme Leçon * que les matiéres les plus combustibles ne peuvent prendre feu ni rester enflammées que dans un air libre, & j'en ai dit les raisons. Je dois ajouter ici que la privation d'air, le vuide tel qu'il le faut pour éteindre le feu, se fait bien sans machine, & souvent sans qu'on pense à le faire : il ne faut qu'appliquer à la surface du corps embrasé une matiére qui ne prenne point feu elle-même ; en voilà assez pour écarter l'air, pour empêcher qu'il ne touche & qu'il n'entretienne l'inflammation.

* Tom. 3. pag. 285. & suiv.

Celle de toutes les matiéres con-

nues, qu'on peut interpoſer ainſi avec le plus de ſuccès, c'eſt l'eau ou ſa vapeur, comme je l'ai fait connoître dans la douziéme Leçon *. Mais elle n'eſt pas la ſeule capable de cet effet; il ſuffit que ce qui touche le feu, quoiqu'inflammable de ſa nature, ne s'allume point; & cela peut arriver ou par la grandeur du volume, ou par l'épaiſſeur de l'enduit; une grande quantité d'huile froide jettée tout-à-coup ſur un petit feu l'étouffe au lieu de l'augmenter: un charbon ardent ſe noircit & s'éteint ſur un morceau de bois dur d'une certaine épaiſſeur: & tout cela eſt fondé ſur ce principe, qu'un corps qui brûle actuellement n'en peut faire brûler un autre, s'il n'y trouve, ou s'il n'y fait naître une chaleur pour le moins égale à la ſienne; or cette condition n'a pas lieu dans une matiére combuſtible, mais froide, dont la quantité n'eſt pas en proportion convenable avec le feu qu'on y applique, ni à l'égard de l'eau, qui, lors même qu'elle bout, eſt toujours beaucoup moins chaude qu'une matiére qui brûle.

* P. 91. & ſuiv.

Par les expériences que j'ai rappor-

XIV. LEÇON.

tées dans la ſection précédente, j'ai fait voir que cet effet du feu, qu'on nomme *embraſement* ou *inflammation*, s'augmente comme de lui-même, lorſque le corps embraſé ſe trouve uni avec une quantité proportionnée de matiére capable de s'embraſer auſſi. Il n'en eſt pas de même de la ſimple chaleur ; elle ne ſe communique point ſans s'affoiblir, & cette diminution, dont nous ignorons le dernier terme, ſe nomme *refroidiſſement*.

Comme les corps s'échauffent plus promptement & avec plus de facilité les uns que les autres, auſſi ne ſe refroidiſſent-ils pas tous également dans un tems donné. Leur degré de denſité, plus ou moins de cohérence entre leurs parties, les différens principes qui conſtituent leur eſſence, ſont autant de cauſes d'où dépendent apparemment ces différences ; & quoiqu'avec le tems diverſes eſpéces de matiéres prennent la température du lieu où elles ſont placées, cependant les unes y arrivent plutôt, les autres plus tard.

On peut dire en général (ſauf les exceptions que l'expérience pourra

ſaire connoître) que la chaleur ſe communique en raiſon des maſſes ; c'eſt-à-dire, qu'un pouce cube de fer, par exemple, appliqué ſur un morceau de bois qui auroit les mêmes dimenſions avec moins de chaleur, ſe refroidiroit moins par cet attouchement, que ne feroit le cube de bois, ſi plus chaud que le fer, il s'appliquoit à lui pour l'échauffer. Auſſi reſſent-on plus de froid aux mains, quand on a touché du marbre ou du métal pendant l'hiver, que quand on a manié du bois ou des étoffes, quoique la température de tous ces corps ſoit véritablement la même. Car le refroidiſſement de la main n'eſt autre choſe que la perte qu'elle a faite d'une partie de ſa chaleur, en la communiquant, & cette communication eſt proportionnelle à la denſité du corps touché.

Quand les matiéres qui ſe touchent ou qui ſe mêlent ſont de même nature, la chaleur ſe communique de la plus chaude à celle qui l'eſt moins en raiſon des volumes ; c'eſt-à-dire, que deux quantités égales d'une même liqueur, l'une chaude & l'autre froide,

étant mêlées ensemble; la premiére partage également avec la seconde ce qu'elle a de chaleur plus qu'elle; un exemple rendra ceci encore plus intelligible.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

DANS un vaisseau cylindrique fort mince, de fer blanc, par exemple; je mets une pinte d'eau, qui n'a que dix degrés de chaleur, & par-dessus je verse une autre pinte d'eau qui en a 40, & avec un thermométre de mercure, j'examine promptement quel est le degré actuel du mêlange.

EFFETS.

LA liqueur du thermométre plongé se fixe au 25e. degré au-dessus du terme de la glace.

EXPLICATION.

DE quelque maniére qu'on veuille considérer la chaleur, soit qu'on la regarde comme un mouvement imprimé aux parties d'un corps, soit qu'on

reconnoiſſe en elle l'action d'un fluide subtile qui tend à ſe répandre uniformément, on doit toujours s'attendre à ce que l'on voit par le réſultat de notre expérience.

XIV. LEÇON.

Suivant la premiére idée, la pinte d'eau la plus chaude eſt animée par un mouvement de quarante degrés, qui excéde de trente celui de l'autre : c'eſt cet excès qui ſe partageant également entre deux maſſes égales, qui ont chacune 10 de mouvement commun, fait que chacune d'elles ſe trouve en avoir 25, à peu près comme ſi un corps peſant deux livres, & ayant quarante degrés de vîteſſe en rencontre un autre de même poids qui le meut dans le même ſens avec une vîteſſe de 10 degrés ſeulement ; tous deux après le choc continuent de ſe mouvoir avec 25 degrés, qui réſultent de 10, leur vîteſſe commune, & de 15, qui eſt la moitié de l'excès de 40 ſur 10, comme on l'a vu par les expériences de la quatriéme Leçon *.

* *Tom. I. pag. 333 & ſuiv.*

Si l'on veut que la chaleur d'un corps ſoit l'effet d'une matiére qui le pénétre & qui ſe répand dans ſon intérieur ; cette matiére, comme tous

XIV. LEÇON.

les fluides, cherchant à remplir uniformément tous les espaces auxquels elle peut atteindre, toutes choses égales d'ailleurs, doit se raréfier à proportion de l'étendue qu'elle occupe; ainsi elle doit être une fois plus rare, avoir une action une fois plus foible, lorsqu'au lieu d'une seule pinte d'eau elle vient à en occuper deux : avant le mêlange il y avoit dix mesures de feu d'un côté, & 40 de l'autre ; les deux pintes d'eau étant mêlées ensuite, ont dû partager également entr'elles les 30 mesures, qui sont l'excès de 40 sur 10 : & de cette répartition il a dû résulter une chaleur qui étoit l'effet de 10 & de 15, dont la somme est 25.

J'ai fait un grand nombre d'expériences de ce genre, dans lesquelles j'ai varié les degrés de chaleur & les quantités d'eau que je mêlois ensemble; j'ai pris d'ailleurs toutes les précautions que j'ai pû imaginer, pour avoir des résultats fort exacts ; & j'ai toujours vû, comme je l'ai déja dit, qu'entre deux portions de la même matiére, l'excès de la chaleur de l'une sur l'autre se partageoit en raison des volumes, & que le degré de chaleur

des deux portions mêlées dépendoit de cette répartition & du degré commun de chaleur, c'est-à-dire, de celui qu'avoit la portion la moins chaude avant le mêlange. (*a*).

XIV. Leçon.

Je ne me trouve point d'accord ici avec le célébre Boerhaave, qui dit formellement * que la chaleur résultante de deux portions égales d'une même matiére, inégalement chaudes, & mêlées ensemble, est toujours la moitié de la quantité dont la chaleur de l'une surpasse celle de l'autre, & qui en cite des exemples. « Si vous » mêlez ensemble, dit-il, une livre » d'eau bouillante qui a 212 degrés » de chaleur, avec une autre livre » d'eau, qui commence à n'être plus » glace, & qui n'a que 32 degrés; ces » deux eaux mêlées auront une cha- » leur de 90 degrés, c'est-à-dire, la » moitié d'une chaleur de 180, dif- » férence de 212 à 32. (*b*) S'il disoit

* *Elem. Chem. t.* 1. *pag.* 144.

(*a*) J'appelle ce degré, *commun*, parce qu'il est dans l'une & dans l'autre portion avant le mêlange; dans l'eau moins chaude, il y est seul; dans l'autre, il y est avec la quantité que j'appelle *l'excès* d'une chaleur sur l'autre.

(*b*) Le thermométre employé dans cette

XIV. Leçon.

que la chaleur de ce mêlange est de 90 degrés ajoutés à la chaleur commune, qui est 32, cela iroit fort bien avec ma théorie, & avec ce que l'expérience m'a fait voir: car ayant répété celle-là même que je viens de citer d'après lui, j'ai trouvé que la liqueur d'un thermométre, semblable à celui dont il s'est servi, se fixoit au 122. degré, c'est-à-dire, à 90 au-dessus de 32.

L'erreur de fait, que je ne crois pas être de mon côté, me feroit volontiers croire, qu'il faudroit suppléer aux paroles de Boerhaave, comme je viens de le faire, & que son expression n'est défectueuse que par la faute du Copiste ou de l'Imprimeur; mais il paroît que ce grand homme n'a compté en effet, que sur la moitié de l'excès d'une chaleur sur l'autre, car il prétend que le degré commun périt dans le mêlange, ce qui lui paroît très-difficile à comprendre: *valdè subtile est intellectu quòd gradus caloris communis*

expérience, est celui de Fahreinheit, qui exprime le terme de la glace par 32, & celui de l'eau bouillante, par 212.

*pereat.** Et je vois par des Ouvrages, où l'on a suivi sa doctrine, que cet endroit a été entendu, comme je viens de l'exposer, & comme il se présente naturellement. « L'effet le plus singu-» lier de ces mêlanges, dit Mde. la Mar-» quise du Châtelet *, effet qui paroît » entiérement inexplicable, c'est que » deux quantités égales, mais inégale-» ment chauffées d'un liquide quelcon-» que, prennent par la mixtion un de-» gré de chaleur, qui est *la moitié de la* » *différence de la chaleur que ces deux* » *portions du même liquide avoient avant* » *d'être mêlées.* Ainsi une livre d'eau » qui tient le thermométre à 43 degrés, » étant mêlée avec une autre livre » d'eau bouillante, qui le tient à 212, » fera monter le thermométre après la » mixtion, à 90 : or 90 est la moitié » de la différence de 32 à 212 ».

* *Ibid pag.* 541.

* *Differt. sur la Nature & la propagation du Feu*, in-8°. 1744. pag. 78.

Il paroît par l'aveu même de Boerhaave (*a*), qu'il n'a point fait ces expériences lui-même : & quoiqu'il se soit servi pour les faire d'un homme fort intelligent, j'ai peine à l'excuser

(a) *Experimenta modò memorata instituit mihi celebris Fahrenheitius*, Elem. Chem. tom. 1, p. 145.

XIV. LEÇON.

de s'en être tout-à-fait rapporté aux yeux d'autrui, sur-tout lorsque les résultats qu'on lui offroit, le conduisoient à des assertions dont on pouvoit tirer des conséquences tout-à-fait étranges, & visiblement fausses. Jugeons-en par celle-ci: selon cette doctrine, on pourroit refroidir de l'eau médiocrement chaude, en y mêlant d'autre eau, qui le seroit davantage; & en voici la preuve: supposons qu'une pinte d'eau ait 20 degrés de chaleur, & qu'on verse dessus une autre pinte d'eau qui ait 50: si la chaleur du mêlange doit être *la moitié de l'excès de 50 sur 20*, ce mêlange n'aura donc que 15 degrés de chaleur, c'est-à-dire, qu'il sera de 5 degrés plus froid que n'étoit celle des deux pintes d'eau la moins chaude: ce qui n'est, comme l'on sçait, ni vrai, ni vraisemblable.

APPLICATIONS.

COMME deux corps solides qui se touchent, deux liquides qui se mêlent partagent entr'eux la quantité de chaleur, que l'un a plus que l'autre, de même un corps dur plongé dans une

liqueur l'échauffe ou la refroidit, selon qu'il est plus ou moins chaud qu'elle. Les Sauvages les plus reculés de l'Amérique, qui n'ont que des vaisseaux de bois pour faire cuire la viande ou le poisson, font bouillir l'eau, en y plongeant successivement de gros cailloux qu'ils on fait rougir dans le feu. La neige & la glace pilée se fondent en refroidissant les bouteilles pleine de vin qu'on y a plongées; & l'air diminue d'autant plus la chaleur des corps, qu'il se renouvelle plus souvent, à leur surface. Ces faits, une infinité d'autres que je ne rappelle point, sont des conséquences si n'écessaires & si palpables du principe établi ci-dessus, qu'il seroit superflu de m'y arrêter davantage.

Le refroidissement n'étant autre chose qu'une diminution de chaleur, on doit s'attendre de voir cesser dans un corps qui se refroidit tous les effets du feu dont j'ai parlé ci-dessus: ce qui étoit de la flamme ne devient plus qu'une fumée épaisse; l'évaporation se ralentit, ou cesse entiérement, les matiéres liquefiées s'épaississent & reprennent peu à peu leur premiére

XIV. LEÇON.

consistance, & le volume augmenté par la dilatation, se renferme dans des limites plus étroites.

Quand tout cela se fait lentement, les parties se rapprochent proportionnellement, & dans l'ordre que la nature ou l'art a mis entr'elles ; toute la masse reprend son premier état, elle redevient telle qu'elle étoit avant qu'elle éprouvât l'action du feu, à moins que cette action ne lui ait enlevé une partie de ses principes. Mais un refroidissement trop prompt a quelquefois des effets fort différens ; en ôtant aux parties la mobilité respective, ou la souplesse que le feu leur avoit donnée, il les fixe avant qu'elles ayent pu s'approcher suffisamment & se ranger dans l'ordre qui leur convient ; de-là il arrive que le corps qu'elles composent, quoique dur dans ses molécules, ne prend qu'une consistance imparfaite, parce que ces molécules n'ont pas assez de liaison entre elles. J'en puis citer deux exemples bien remarquables, le premier est l'effet de la trempe sur l'acier ; on peut voir ce que j'en ai dit en parlant du ressort.* Le second est un phénoméne assez

* *Tom.* I. p. 139. & *suiv.*

assez singulier, que les Physiciens examinent depuis long-tems, & dont ils ont à peine entrevu la cause : voici le fait. XIV. LEÇON.

Les Verriers prennent au bout d'une canne de fer un peu de verre fondu qu'ils laissent tomber tout liquide dans un seau plein d'eau fraîche; il s'en forme une petite larme, telle qu'on la voit représentée par la *Fig.* 32, dans le gros de laquelle on voit toujours comme une ou plusieurs petites bulles d'air. On peut frapper assez fortement avec un marteau sur cette larme sans la casser; mais si l'on en rompt la queue, tout se brise avec éclat & se réduit en une espéce de gros sable, dont chaque grain vu au microscope paroît fendu de tous les côtés.

Ceux qui ont commencé à raisonner sur ce phénoméne l'ont attribué aux efforts de l'air, sans dire ni pourquoi ni comment cela se faisoit; apparemment parce qu'ils prenoient pour de l'air ces espéces de bulles qu'on apperçoit dans l'épaisseur du verre : mais d'où viendroit cet air dans une matiére aussi ardente, & à quel

XIV. LEÇON. point n'y seroit-il pas raréfié & affoibli, s'il y avoit été enveloppé? L'air n'agit donc point intérieurement; & celui du dehors n'a pas plus de part à cet effet; car on réussit également bien, en rompant de ces larmes dans le vuide ou dans l'air libre.

Ces prétendues bulles d'air ne sont autre chose que des espaces abandonnés par la matiere qui se condense. Ne sçait-on pas, & n'avons-nous pas vu que tout corps, qui de liquide devient solide, diminue de volume? Cette diminution ne pouvant avoir lieu qu'autant que les parties ont assez de mobilité pour se rapprocher, si la solidité commence brusquement & par la superficie, les parties du dedans en se portant vers cette surface solide, ne manquent pas de laisser quelque vuide au milieu d'elles; c'est ainsi que sous la croûte du pain, la mie en se cuisant se trouve interrompue par une infinité de petites cavités. De même, je conçois que le verre se durcit d'abord extérieurement par la fraîcheur de l'eau qui le touche, & que le dedans venant ensuite à se condenser, il

reste vers le centre un espace qui n'est rempli par rien qui soit aussi dense que l'air. XIV. LEÇON.

Je ne puis douter que le refroidissement de ces larmes ne se fasse de couche en couche depuis la superficie jusqu'au centre, & que la chaleur du dedans ne subsiste assez long-tems, pour donner lieu aux parties de se rapprocher & de se serrer davantage : je les ai vues rouges au fond du seau pendant plus de six secondes, & je me suis assûré que ce degré de chaleur n'étoit qu'interne, en les recevant dans ma main, que je tenois plongée dans l'eau.

Il n'est pas besoin que le verre ait la forme d'une larme solide pour produire l'effet dont il est ici question ; on voit quelque chose de très-semblable, avec une petite phiole qu'on peut comparer à une poire creuse, *Fig.* 33. & dont le fond est beaucoup plus épais que le reste : assez souvent ces petits vaisseaux se cassent d'eux-mêmes avant que d'être entiérement refroidis ; mais quand ils restent entiers, on est sûr de les faire éclater

XIV. Leçon.

en y laissant tomber un petit gravier; ou un fragment de pierre à fusil, ce que ne fait pas une petite balle de plomb, quoique plus pesante.

Il est très-probable que le verre ne se casse ainsi, que parce que les couches qui composent son épaisseur ont été condensées & rendues solides comme en plusieurs tems; les couches extérieures s'étant durcies avant les autres, celles-ci en se condensant les ont obligées de se plier vers elles, à peu près comme un arc qui se tend par le raccourcissement de sa corde. Lorsque le choc d'un corps aigu, une rupture faite exprès, ou une secousse violente, donne lieu aux parties internes de se quitter, les couches extérieures qu'elles tenoient en contraction se débandent comme autant de ressorts, & toutes ces lames élastiques étant composées de parties mal jointes, à cause du refroidissement subit qu'elles ont souffert, elles se brisent en se débandant, ce qui arrive assez souvent à des corps élastiques d'une matiére fragile, qui ne peuvent pas se prêter à toute l'étendue de leur

réaction, parce qu'il eſt rare qu'ils ſoient auſſi flexibles dans un ſens que dans l'autre.

Ce qui augmente la vraiſemblance de cette explication, c'eſt qu'une larme de verre qu'on a fait rougir ſur des charbons ardens, & les petites phioles épaiſſes par le fond, qu'on a tenues dans l'arche de la verrerie pour les y faire refroidir très-lentement, ne ſe briſent plus quand on en fait l'épreuve; & j'ai remarqué en général que les vaiſſeaux de verre, dont l'épaiſſeur étoit grande & inégale, ſe caſſoient ſouvent d'eux-mêmes, & qu'on ne pouvoit les mettre à l'abri de cet accident, qu'en les faiſant recuire long-tems & fortement à la verrerie, auſſi-tôt qu'ils ont été formés: or il eſt comme viſible que ce recuit donne lieu aux couches extérieures de ſe plier ſans contrainte au gré des autres, & aux parties qui les composent, de s'arranger & de ſe joindre plus ſolidement.

PUISQUE le froid n'eſt autre choſe qu'une moindre chaleur, on ne doit point le conſidérer comme une qua-

XIV. LEÇON.

lité abſolue, mais ſeulement relative: tel corps eſt froid à l'égard de celui-ci, qui paroîtra chaud par rapport à celui-là: de la neige pure qui fait deſcendre la liqueur du thermométre ſortant d'un air tempéré, la feroit monter très-ſenſiblement, ſi cet inſtrument avoit été plongé pendant quelques-tems dans un mêlange de glace & de ſel: les caves que nous trouvons chaudes pendant l'hiver, & froides pendant l'été, ne nous paroiſſent telles que par la différence qu'il y a entre leur température, qui eſt toujours à peu près la même, & celle de l'air que nous venons de quitter quand nous entrons dans ces ſouterreins. On peut faire ſur cela une expérience bien ſimple, & en même-tems bien convainquante; que l'on prenne ſoin d'avoir une de ſes mains très-froide, & l'autre bien chaude, & qu'on les plonge ſucceſſivement dans un ſeau plein d'eau de puits nouvellement tirée; cette eau ſera infailliblement jugée chaude lorſqu'on la touchera avec la main froide, & froide au contrai-

re, lorſqu'on y plongera la main chaude.

La congélation de l'eau eſt un des plus ſinguliers phénoménes du refroidiſſement; je crois avoir rapporté dans la douziéme Leçon tout ce qu'on en ſçait de plus curieux & de plus intéreſſant; il ne me reſte ſur cela qu'une réflexion à faire, c'eſt que l'eau qui ſe géle, n'eſt qu'un exemple particulier de ce qui arrive par le froid à une infinité d'autres matiéres : une bougie, à proprement parler, eſt un bâton de cire glacée; la Statue équeſtre d'Henri I V. ſur le Pont neuf, eſt une glace de bronze, à qui l'on a fait prendre cette forme dans un moule. Les vîtres & les miroirs de nos appartement ſont des lames, ou des plaques de verre gelé : enfin, tout ce qui devient liquide par l'action du feu, & qui ſe durcit en ſe refroidiſſant, ne différe de l'eau & de la glace à cet égard, que parce que ſa congélation arrive plutôt ou plus tard, qu'elle fait une maſſe plus ou moins dure, moins tranſparente ou opaque, &c. & je ne

XIV. LEÇON. crains pas de dire que ces idées ne pourront paroître étranges qu'à ceux qui n'auront point assez réfléchi sur la cause la plus ordinaire & presque générale de la liquidité & de la solidité des corps.

Fin du quatriéme Tome.

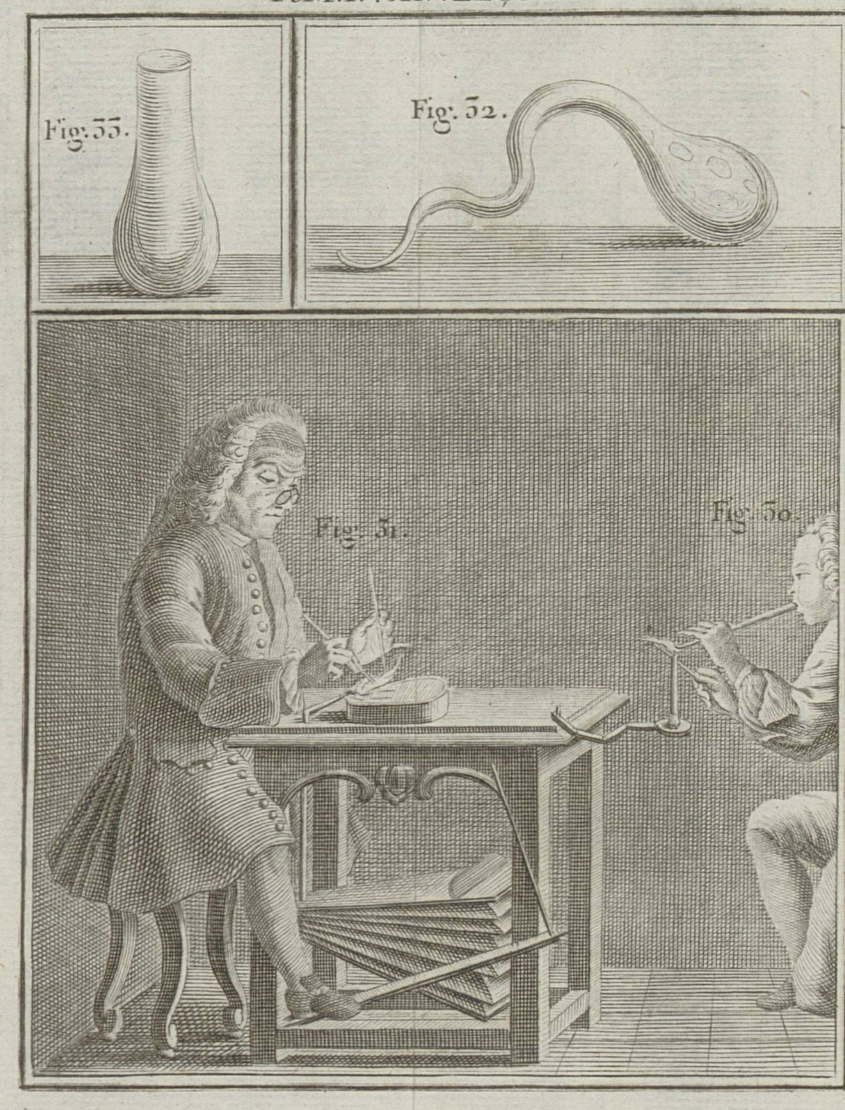

Fig. 33.
Fig. 32.
Fig. 31.
Fig. 30.

TABLE DES MATIERES

Contenues dans le quatrieme Volume.

XII. LEÇON.

Sur la nature & les propriétés de l'Eau.

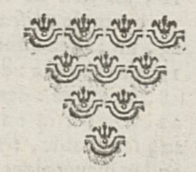
XIII. LEÇON.

De la nature & des propriétés du Feu.

XIV. LEÇON.

Suite des propriétés du Feu. 338.

Fin de la Table des Matiéres du Tome quatrieme.

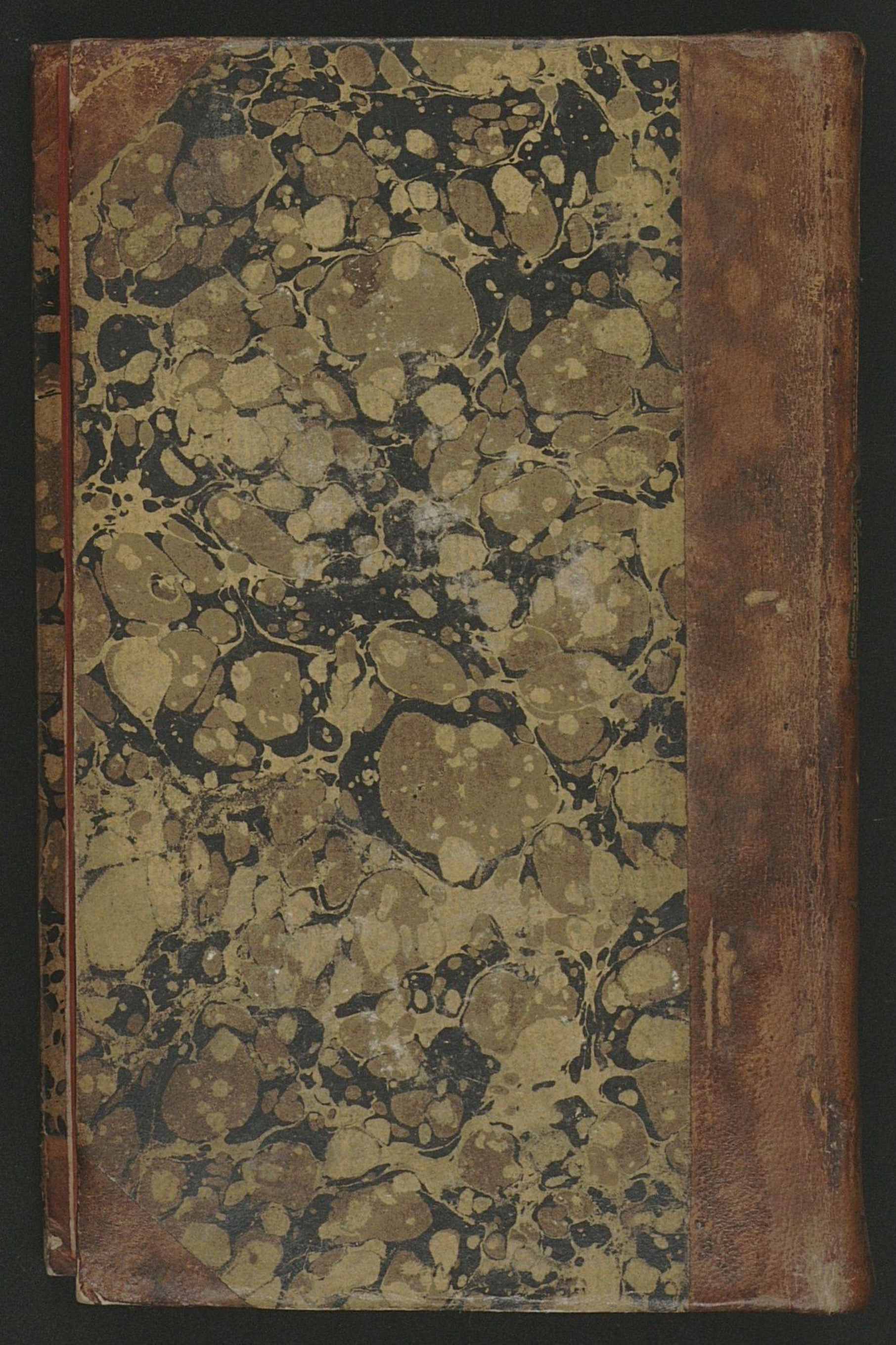


ERRATA

Pour le Tome Quatrieme.

Page 13,	*ligne* 16,	soit que ; *lisez* : quoique.
52,	23,	avee ; *lisez* : avec.
53,	8,	*après ces mots*, avoir prise ; *ajoutez* : également.
Ibid.	9,	*supprimez ces mots* : plus de.
Ibid.	10,	*au lieu de ces mots* : par exemple ; *lisez* : plus de.
84,	23,	un ; *lisez* : une.
89,	19,	de la ; *lisez* : de le.
206,	8,	les ; *lisez* : des.
254,	22,	voir ; *lisez* : avoir.
288,	22,	semblable, *lis.* semblables.
352,	17,	mauqueroient ; *lisez* : manqueroient.
361,	18,	cinq pouces, *ajoutez* : & demi.
364,	23,	descentre ; *lis.* descendre.
370,	26,	5 à 6 ; *lisez* : 6 à 7.
377,	10,	requier ; *lisez* : requiert.
391,	*dans la note* ;	*lisez* : Farenneith & Prins guidés par.
427,	18,	Epronnier ; *lisez* : Eperonnier.
499,	17,	autant ; *lisez* : tant.





PHYSIQUE
DE
NOLLET



TOM: IV



inches 4 3 2 1 0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 (A)	12	13	14	15
L*	39.12	65.43	49.87	44.26	55.56	70.82	63.51	39.92	52.24	97.06	92.02	87.34	82.14	72.06	62.15
a*	13.24	18.11	-4.34	-13.80	9.82	-33.43	34.26	11.81	48.55	-0.40	-0.60	-0.75	-1.06	-1.19	-1.07
b*	15.07	18.72	-22.29	22.85	-24.49	-0.35	59.60	-46.07	18.51	1.13	0.23	0.21	0.43	0.28	0.19
Density →										0.04	0.09	0.15	0.22	0.36	0.51

D50 Illuminant, 2 degree observer

Golden Thread

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 centimeters

	16 (M)	17	18 (B)	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
L*	49.25	38.62	28.86	16.19	8.29	3.44	31.41	72.46	72.95	29.37	54.91	43.96	82.74	52.79	50.87
a*	-0.16	-0.18	0.54	-0.05	-0.81	-0.23	20.98	-24.45	16.83	13.06	-38.91	52.00	3.45	50.88	-27.17
b*	0.01	-0.04	0.60	0.73	0.19	0.49	-19.43	55.93	68.80	-49.49	30.77	30.01	81.29	-12.72	-29.46
Density	0.75	0.98	1.24	1.67	2.04	2.42									

Colors by Munsell Color Services Lab

Don Williams